
UNIVERSITY OF TORONTO
3 1761 00177360 5







Briefe

über

Alexander von Humboldt's Kosmos.



Briefe

über

Alexander von Humboldt's Kosmos.

Ein

Commentar zu diesem Werke für gebildete Laien.

Herausgegeben

von

B. v. Cotta, Professor in Freiberg, **J. Schaller**, Professor in Halle, **W. C. Wittwer**, Privatdocent in München und **H. Girard**, Professor in Halle.

Mit zahlreichen Holzschnitten, Karten und lithographischen Abbildungen.

Vierter Theil.

Erste Abtheilung.

Bearbeitet

von

Dr. W. C. Wittwer.



Leipzig,
T. O. Weigel.
1859.

Q
158
H863
Th. 4





Inhalt.

		Seite
	Vorrede	VI—XIV
1. Brief.	Einleitung	1— 12
2. Brief.	Die mathematische Eintheilung der Erde	12— 21
3. Brief.	Die Bestimmung räumlicher Größen	21— 35
4. Brief.	Die Zeitmessung. a. Natürliche Zeiteinheiten	35— 47
5. Brief.	Die Zeitmessung. b. Die künstlichen Zeiteinheiten	47 — 58
6. Brief.	Die Bestimmung der geographischen Breite u. Länge	58 — 68
7. Brief.	Die Größe und wahre Gestalt der Erde	69— 83
8. Brief.	Die Rauhigkeit der Erdoberfläche	83— 92
9. Brief.	Die Dichtigkeit der Erde	92—103
10. Brief.	Die strahlende Wärme	103—115
11. Brief.	Die Fortpflanzung der Wärme durch Leitung	116—127
12. Brief.	Die Untersuchung der Bodenwärme	127—136
13. Brief.	Der Magnetismus	136 144
14. Brief.	Die Elektricität	144—156
15. Brief.	Zusammenhang zwischen Elektricität und Magnetismus	156—162
16. Brief.	Die Intensität des Erdmagnetismus	162—174
17. Brief.	Die Inclination	174—179
18. Brief.	Die Declination	179—185
19. Brief.	Die Variationen und Störungen	185—194
20. Brief.	Die Theorie des Erdmagnetismus	194—202
21. Brief.	Das Polarlicht	202—215



Vorrede.

Während die Briefe über den vierten Band des Kosmos sich im Drucke befanden, wurde der große Mann, dem unser Jahrhundert diesen Kosmos verdankt, unser berühmter Landsmann, zu Grabe getragen.

Männer wie Alex. v. Humboldt sind seltene Erscheinungen, und nicht jedes Jahrhundert vermag einen Gelehrten aufzuweisen, der ihm an die Seite gestellt werden könnte, und nicht leicht vereinigen sich alle jene Vorbedingungen, die zu einem ersprießlichen Wirken beitragen, so glücklich, als wir bei ihm gesehen haben, denn Geistesgaben, rastlose Thätigkeit, lange Dauer des Lebens und eine durch Glücksgüter unabhängige Stellung in der menschlichen Gesellschaft verbündeten sich, gleich als wollten sie an ihm der Welt zeigen, was sie, die sonst so gerne jedes den eigenen Weg gehen, zusammen zu leisten vermögen. Wohl findet man so manchen Mann von scharfem Verstande, der die Wissenschaft zu den schönsten Erwartungen berechtigt, aber die kurze Dauer seines Lebens raubt ihn der Menschheit gerade zu einer Zeit, in der seine Thätigkeit am förderlichsten werden sollte.

Leicht könnte man zum Ziel gelangen,
Müßt' nicht ein Jeder von vorn anfangen.

So wird Mancher hinweggerafft, nachdem er fast seine ganze Lebenszeit damit zugebracht, sich auf die Höhe der Wissenschaft zu schwingen, und die Gaben des Geistes erlangen daher erhöhten Werth, wenn der Mensch auch Zeit hat, einen großen Theil seiner Jahre der Benutzung des Gelernten zu widmen. Es ist aber nicht genug, daß das Leben sich zu einem langen Faden ausspinne, dessen eines Ende der Welt vielleicht so wenig nutzbringend ist als das andere; es muß auch der Geist seine jugendliche Frische bewahren, daß er fort und fort gleich reiche Blüthen treibe. Man ist so leicht geneigt, die Güter des Geistes als etwas zu betrachten, das ganz unabhängig ist von den Gütern des Glückes, weil die Erfahrung so oft lehrt, daß das wahre Genie sich auch unter den ungünstigsten Umständen Bahn bricht. Wenn aber dieses auch nicht geleugnet werden kann, so ist doch sicherlich nicht zu übersehen, wie viel Zeit es wohl oft kostet, um die ungünstigen Umstände zu überwinden, welche Mühe daran gesetzt werden muß, sich den rechten Wirkungskreis zu erobern, und was in dieser Zeit bei dieser Anstrengung Alles hätte geschehen können. Leider ist es nur zu häufig, daß eine glänzende Stellung den mit hervorragendem Geiste begabten Menschen verhindert, denselben zu entfalten, während gerade die Noth ihn entwickelt; so daß man sehr leicht zu der Ansicht verleitet werden kann, gerade letztere sei der günstigste Boden für den menschlichen Geist, doch ein Eingehen auf die Wirklichkeit, die so viele hervorragende Männer zeigt, welche es in ihrem ganzen Leben nicht zu einer sorgenfreien Existenz bringen konnten, lehrt den Vortheil der letzteren nicht verkennen.

Alle Umstände vereinigten sich in glücklichster Weise bei Alex. v. Humboldt und die Seltenheit dieses Zusammentreffens bedingt das Außerordentliche seiner Erscheinung.

Das Geburtsjahr (1769) Alex. v. Humboldt's ist eigenthümlicher Weise das nämliche, in welchem auch Napoleon und

Wellington das Licht der Welt erblickten, und so bekamen drei große Völker fast gleichzeitig einen bedeutenden Mann. Vergleichen wir Deutsche unsern Antheil mit dem der beiden andern Nationen, so haben wir uns sicherlich nicht zu beklagen. Der Mann der Wissenschaft greift allerdings nicht so tief ein in die Geschicke der Welt, als der Mann des Schwertes, aber dafür bezeichnen seinen Weg auch keine verwüsteten Städte, er ladet nicht den Fluch von Millionen auf sich. Während der Engländer sich dadurch seinen Ruhm erwarb, daß er das stolze Gebäude des Franzosen einreißen half, so daß die Thätigkeit des Einen die des Andern neutralisirte, lebte der Deutsche allein den Wissenschaften und seinen Werken versagen weder Frankreich noch England, noch irgend ein Theil der gebildeten Welt ihre Bewunderung.

Die lange Reihe von Reisen zu wissenschaftlichen Forschungen begann Humboldt im Jahre 1790, wo er den Niederrhein besuchte. Die Resultate dieser ersten Reise sind in dem ersten veröffentlichen Werke Humboldt's „Mineralogische Beobachtungen über einige Basalte am Rhein" enthalten. Nachdem er von 1791—1795 die Stelle eines preuß. Oberbergmeisters zu Bayreuth bekleidet hatte, trat er, um sich ganz den Wissenschaften hingeben zu können, aus dem Staatsdienste und beschloß eine größere wissenschaftliche Reise zu machen. Die politischen Verhältnisse jener unruhigen Zeit traten lange diesem Plane hindernd entgegen, und ein Reiseproject um das andere mußte aufgegeben werden, bis es ihm endlich gelang, von dem Könige von Spanien die Erlaubniß zur Durchforschung sämmtlicher spanischen Reiche in Amerika zu erhalten. Bis zu jener Zeit waren alle damals der Krone von Spanien unterworfenen Länder, die jetzigen Freistaaten von Mittel- und Südamerika, auf das Strengste vor Ausländern gewahrt worden, und nur Spanier durften sie betreten. Man kannte damals kaum die Umrisse des Landes, von dessen Innern man nur sehr dürftige

Nachrichten besaß, und erst Humboldt sowie seinem Reisegefährten Bonpland war es vorbehalten, durch ihre Reise, welche die Jahre 1799—1804 umfaßte, das Dunkel aufzuhellen. Die Kunde von der Naturbeschaffenheit des nordwestlichen Theiles von Südamerika, sowie von Mexico war die Frucht der Bestrebungen dieser beiden Forscher, so daß man und sicherlich nicht mit Unrecht von ihrer Reise die zweite Entdeckung Amerika's, das man durch seine erste von Columbus nur von außen kennen gelernt hatte, datirt.

Die Bearbeitung des amerikanischen Reisewerkes war es, die Humboldt bis zum Jahre 1827 in Paris aufhielt, welche Zeit er aber auch außerdem zu den verschiedensten andern Arbeiten, wie Untersuchungen über die Zusammensetzung der Luft u. s. w., sowie zu kleineren wissenschaftlichen Reisen benutzte. Im genannten Jahre übersiedelte er nach Berlin, um fortan dort zu bleiben, doch machte er 1829 in Begleitung von Rose und Ehrenberg seine zweite große Reise, die dieses Mal dem Osten, Sibirien galt, von der zurückgekehrt er bis zu seinem am 6. Mai 1859 erfolgten Tode in Berlin blieb.

Die Verdienste, welche sich Humboldt um die wissenschaftliche Erforschung Südamerikas und Sibiriens erwarb, sind ohne Widerrede sehr bedeutend, und er wird sicherlich unter den wissenschaftlichen Reisenden aller Zeiten, der vergangenen sowohl als der kommenden, eine der ersten Stellen einnehmen; doch sind diese Arbeiten nicht diejenigen, durch welche er sich den meisten Ruhm erwarb. Es ist nicht genug, eine große Menge von Beobachtungen aus allen Theilen der Welt zu sammeln, und sie dem Haufen bereits vorhandener hinzuzufügen; solange von ihnen kein Gebrauch gemacht werden kann, sind sie ohne Werth, denn sie erlangen diesen nur in dem Maaße, als sie unter einander und mit dem Ganzen der Natur in Zusammenhang gebracht werden können, gerade wie die Steine, die zu Erbauung eines Hauses herbeigeschafft werden, ihren eigentlichen Werth

erst dadurch erlangen, daß sie zu Bestandtheilen des sie verbindenden Baues werden. Eine der größten Gaben Humboldt's war sein organisatorisches Talent. Ganz abweichend von so Vielen, die nur beobachten, um etwas zu thun zu haben, unbekümmert, ob die Resultate ihrer Arbeit zu irgend etwas gebraucht werden können, wußte er stets unter einer Fülle von Erscheinungen die charakteristische herauszufinden, stets den Zusammenhang einer Reihe von Phänomenen zu entwickeln. Die Berge der Andes erklimmend, fand er, daß mit zunehmender Höhe der Charakter der Pflanzenwelt sich änderte, und in dem ganzen Eindrucke Aehnlichkeit mit demjenigen bot, den er in höheren Breiten in der Nähe des Meeres getroffen. Die Vereinigung aller dieser einzelnen Erscheinungen leitete ihn auf die Pflanzengeographie, auf die Gesetze der Aenderungen, welche die Gewächse in verschiedenen Breiten und Höhen erfahren. Er stellte diese fest und gründete so einen ganz neuen wissenschaftlichen Zweig, den man vor ihm kaum geahnt hatte. Er hat so nicht nur seine eigenen Beobachtungen vereinigt, sondern auch Anlaß zu einer neuen Art von Forschungen gegeben, er hat die Skizze eines Gemäldes entworfen, in welches die Resultate der einschlägigen nachfolgenden Beobachter eingerahmt werden. Hierin ergibt sich eine Anwendung des Sprichwortes: „Wenn die Könige bauen, haben die Kärrner zu thun." Die Darstellung, welche Alex. v. Humboldt von den Gesellschaftszuständen Neuspaniens machte, war die Grundlage der Statistiken, die wir jetzt von den einzelnen Staaten Europas besitzen. Humboldt's Bestrebungen ist es zunächst zu verdanken, daß man in allen Theilen der Erde meteorologische und magnetische Beobachtungen anstellt, durch Humboldt's Wirken ist es möglich geworden, das Ganze der Erde in seinen allgemeinen Eigenschaften zu erblicken, und das Ganze abzurunden.

Was Alex. v. Humboldt vor allen Zeitgenossen beson-

ders auszeichnet, ist die Menge, die Mannichfaltigkeit seines Wissens, denn in wie vielen Zweigen hat er sich nicht nur versucht, sondern auch Rühmliches, ja Großes geleistet! Botanik und Zoologie, Mineralogie und Geognosie, Geographie und Geschichte, Physik und Chemie, kurz die verschiedensten Gegenstände umfaßte sein riesiger Geist in gleicher Weise. Es soll damit nicht gesagt sein, Humboldt sei in allen diesen Fächern der Erste gewesen. Wohl ist kein einzelner Wissenschaftszweig, in dem Andere nicht mehr geleistet hätten als er, aber Keiner ist, der überall so sehr bewandert gewesen wäre. Man kann in dem einen Fache ausgezeichnet sein, in dem andern dagegen, wenn auch kein vollkommener Stümper bleiben, doch ein sehr mangelhaftes Wissen besitzen, und gerade diejenigen Männer, die sich speciell nur um ein einziges begrenztes Feld bekümmern, leisten, alles Andere bei Seite lassend, in diesem am meisten. Humboldt war zwar nicht allenthalben der Erste, aber, und dieses ist besonders zu bemerken, einer der Ersten. Bei ihm gab es keine Einseitigkeit.

Die Natur, die ganze Welt, ist ein einziges großes Ganzes, von dem jeder Theil den andern bedingt, jeder speciell unserer Aufmerksamkeit werth ist; nie ist eine Erscheinung für sich bestehend vorhanden, stets ist sie mit den vorausgehenden und nachfolgenden in Beziehung, das eine Mal als Werkzeug, das andere Mal als Ursache. Bei der unendlichen Mannichfaltigkeit von Thatsachen, welche die Welt uns bietet, ist es dem Einzelnen nicht möglich, das Ganze bis in's kleinste Detail zu erkennen, und daraus entstand die Nothwendigkeit, das Studium der Natur in eine ganze Reihe von Fächern zu erlegen, obwohl die Trennung eine ganz künstliche ist, wie schon aus dem Umstande hervorgeht, daß sie sich nirgends mit aller Schärfe durchführen läßt, und ein Gebiet unmerklich in's andere übergeht. Geht das ganze Leben eines Menschen darüber hin, in einem Specialfache sich die nöthigen Kenntnisse zu verschaffen, so ver-

liert man bei diesem Bestreben nur zu leicht das Bild des Ganzen, das alle einzelnen Zweige umfaßt, und der Mann, der gerade in der wissenschaftlichen Zusammenstellung aller Gebiete hervorragte, der gerade in der physischen Weltbeschreibung, die das All in seiner Einheit darstellt und auf allen Specialfächern beruht, vor allen Andern hervorragte, war Alex. v. Humboldt. Er wußte die einzelnen Ausläufer der verschiedenen Gebiete zu vereinen, für ihn gab es, da ihm die einzelnen Fächer gleich geläufig waren, keine Grenzen, er wußte Alles zu verbinden, und daher kam es auch, daß Alles, was seit Jahren in der Naturforschung geschah, wie Strahlen im Brennpunkte in ihm sich vereinte, weshalb auch nicht mit Unrecht gesagt wird, die Geschichte seiner wissenschaftlichen Thätigkeit darstellen, heiße die Geschichte der Wissenschaft der letzten 70 Jahre schreiben.

Die Gesammtheit der Naturerscheinungen in ihrem Zusammenhange darzustellen, und frei von dem Zwange aller Specialität scheinbar Widerstrebendes oder doch Zerstreutes zu vereinen, das war die Aufgabe, die sich Humboldt am Schlusse seines reichen Lebens gesetzt, die er im Kosmos verwirklicht hat, und dieses Werk ist daher in gewisser Beziehung als die Krone zu betrachten, die er seinen früheren Werken aufsetzte. Der Kosmos enthält die vollendetste physische Weltbeschreibung, die wir jetzt besitzen, es kann eine solche nur von einem Manne ausgehen, der wie Humboldt allen Fächern gleich gewachsen ist, wenn nicht an den verschiedensten Orten die größten Lücken hervortreten sollen.

Im Laufe der Zeiten wird Manches, was im Kosmos steht, sich als mangelhaft, Manches sogar als irrthümlich herausstellen, denn der gegenwärtige Zustand der Wissenschaften ist in vielen Fächern noch weit zurück, und wird es hoffentlich nicht immer bleiben. Es ist denkbar, daß später wieder ein Mann kommt, der ebenfalls ein Weltgemälde entwerfen, und die mittlerweile

erlangten Resultate benutzen wird. Alsdann wird der Kosmos Humboldt's möglicher Weise überboten sein durch den neuen, aber er wird nichts destoweniger von Werth sein für die Geschichte der Naturwissenschaften, denn er ist alsdann der Grenzstein, an dem man sehen wird, wie weit die Kenntniß von der uns umgebenden Welt in der Mitte des neunzehnten Jahrhunderts gereicht hat, und der Kosmos Alex. v. Humboldt's wird daher von hervorragendem Interesse sein, solange die Menschen sich mit dem Studium der Natur befassen.

Erster Brief.

Einleitung.

Der gefeierte Verfasser des Kosmos hat uns mit einem vierten Bande dieses Werkes beschenkt. Nachdem Herr von Humboldt im ersten Bande vor unsern staunenden Blicken die Gesammtheit der Erscheinungen der physischen Welt in ihrer Einheit entrollt, und im zweiten uns mit der Geschichte der physischen Weltanschauung, der allmäligen Entwicklung und Erweiterung des Begriffes vom Kosmos als einem Naturganzen bekannt gemacht hat, haben wir im dritten Bande eine speciellere Darstellung der Erscheinungen gefunden, welche die Sternenwelt in ihrer unendlichen Größe uns bietet. Der vorliegende vierte Band beschäftigt sich mit unserm Wohnsterne allein und die erste Abtheilung desselben, über die ich Ihnen erläuternde Briefe schreiben werde, umfaßt die Größe, Gestalt und Dichtigkeit des Planeten Erde, seine thermischen und seine magnetischen Verhältnisse.

Die Räumlichkeit, innerhalb deren die im Kosmos betrachteten Erscheinungen vor sich gehen, hat sich hier gegen die der früheren Bände außerordentlich verkleinert, doch ist dieses darum nicht auch mit deren Bedeutung der Fall. Es ist ein allgemeines Naturgesetz, daß Wirkungen, die von einem Punkte ausgehen, um so mächtiger sind, je näher dieser dem Gegenstande sich befindet, auf den er seine Thätigkeit ausübt, und ebenso nimmt das Interesse, das wir für irgend einen Ort haben, zu, wenn unsere Entfernung davon eine kleinere wird.

Durch unsere Sinne wird uns Kunde von der Welt außer uns, und ein Vorgang in derselben wird zu unsrer Kenntniß nur dann gelangen, wenn er durch die Sinne, diese Fenster, vermittelst deren wir die Außenwelt wahrnehmen, uns berührt. Die Welt außerhalb unsres Erdplaneten verkehrt mit dem Menschen fast nur durch die Vermittlung des Auges, denn wären wir alle blind geboren, so könnten wir von ihr unmittelbar keine Kunde erlangen, wenn wir etwa davon absehen, daß wir periodisch größere oder geringere Wärme der Luft fühlen würden; aber alle unsre Sinne theilen uns Nachricht von Vorgängen auf der Erde mit, und so wird, weil die Möglichkeit der Erkenntniß mit der Zahl der Sinne größer und größer wird, auch die Mannichfaltigkeit der zu uns gelangenden Erscheinungen die mangelnde Größe des Raumes mehr als ersetzen.

Aber nicht nur die Fülle der Erscheinungen nimmt zu, wenn wir unsre Beobachtungen auf einen kleineren uns näheren Raum beschränken, sie gewinnen durch die Erkenntniß der gewissenhaften Durchführung der einzelnen Grundsätze, welche die Natur festhält, einen eigenthümlichen Reiz. Wie in einem gothischen Dome die kleinste Verzierung im innigsten Zusammenhange mit dem Principe steht, nach dem das ganze Gebäude entworfen wurde, so hat auch die Natur mit man möchte fast sagen der größten Pedanterie die einzelnen Gesetze bis ins winzigste Detail verfolgt, ja sie geht viel weiter als die Hand des Menschen. Die Werke der Natur, sagt Dove, bieten einen Gegensatz zu den Gebilden der Menschenhand: je genauer man letztere untersucht, um so roher werden sie, je näher man aber die Arbeiten der Natur betrachtet, um so mehr zeigt sich ihre Vollkommenheit. In der Mauer des scheinbar so sorgfältig gebauten Domes steckt so mancher rohbehauene Stein, in den Balken seines Daches werden wir die Verzierungen nicht gewahr, aber so weit der Stein und der Balken Arbeiten der Natur sind, zeigt der Stein, daß auch in seinem Innern kein Theilchen vergessen, und das Holz, daß jede, wenn auch noch so kleine Zelle so sorgfältig und zweckmäßig construirt ist, als eine an der Außenseite. Das Gesetz, nach dem der Stern um den Stern sich bewegt, wird befolgt bei der Bewegung des Steines, den der Mensch in die Höhe wirft, bei jedem Körn-

chen des Staubes, den der Fuß des Wanderers, den der leichte Windstoß aufjagt, denn die Natur vernachlässigt nie etwas, sie macht niemals ein Versehen.

Wäre das Gesetz der Schwere das einzige auf der Welt wirkende, so würde die Gesammtmasse der im Universum befindlichen materiellen Substanz endlich zu einem großen Klumpen zusammenfallen, und wenn man noch zugibt, daß verschiedene solche Klumpen mit einem jeden derselben besonders zukommenden Geschwindigkeiten und Bewegungsrichtungen zu irgend einer Zeit im Weltenraume vorhanden waren, so wäre das Resultat, daß sie um einander sich herumschwingen, wie wir dieses bei den einzelnen Himmelskörpern wahrnehmen. Aus dem einzigen Gesetze also, daß je 2 Körper sich mit einer Kraft anziehen, welche mit der Anzahl der einen jeden derselben constituirenden kleinsten Theilchen (Atome) wächst, dagegen abnimmt, wie das Quadrat des gegenseitigen Abstandes sich vergrößert, in Verbindung mit dem Satze, daß jeder Körper, dem einmal eine gewisse Bewegung beigebracht wurde, diese sowohl was Geschwindigkeit als auch was Richtung anbelangt, beibehält, wenn nicht eine andere Wirkung eine Aenderung derselben hervorbringt, läßt sich die ganze Astronomie aufbauen. Man könnte eine Anzahl von Körpern, diese als Anhäufungen von materieller Substanz gedacht, im Raume in irgend einer beliebigen Weise vertheilt annehmen, ihnen verschiedene Gestalt, Massen und Bewegungen beilegen, und es ließe sich dann (bei größerer Anzahl der Körper allerdings mit sehr wachsender Schwierigkeit) durch Rechnung der Ort und die Bewegung der einzelnen Theile des Systems für jeden Zeitpunkt bestimmen, man könnte mit andern Worten die ganze Aufgabe der Astronomie als mathematisches Problem auffassen und durchführen. Es wäre hiebei sogar noch möglich, sich die Frage zu beantworten, wo ein weiterer Körper hingebracht werden müßte, und welche Masse und Bewegung ihm zu geben wäre, um an der Bahn des einen oder des andern der früher angenommenen etwaige Veränderungen hervorbringen zu können. Die Vorgänge in dieser durchaus willkürlich angenommenen Welt werden mit den in den Sternen vorkommenden um so mehr zusammenstimmen, je mehr die genannten Rechnungselemente, Gestalt, Masse,

Richtung der Bewegung und Geschwindigkeit mit den in der Natur bei den einzelnen Sternen wahrgenommenen harmoniren, und es ist daher eine der wichtigsten Arbeiten der heutigen Astronomie, diese Elemente zu finden. In unserm Sonnensysteme kennt man wenigstens die größeren Glieder mit ziemlicher Genauigkeit, und aus diesem Grunde läßt sich auch ihre jeweilige Stellung angeben. Bei den kleineren Körpern, wie den Asteroiden, ist die Masse nicht bekannt, doch hat dieses nicht viel zu bedeuten, denn die Sternenwelt ist eine Art Geldaristokratie: Wer über die meisten Fonds (hier allgemein materielle Substanz) zu verfügen hat, hat auch den größten Einfluß. Bei dem Uranus wurden seit längerer Zeit Bewegungen wahrgenommen, die dem Einflusse keines der bekannten Gestirne zugeschrieben werden konnten, und es haben sich daher der Franzose Leverrier, sowie der Engländer Adams die Aufgabe gestellt, den Ort zu suchen, wo ein anderer Stern hingesetzt und welche Masse und Bahn ihm gegeben werden müßte, um auf die Uranusbahn die bemerkten Einflüsse ausüben zu können. Das Resultat der Rechnung war, daß man in noch größerer Entfernung von der Sonne, als die des Uranus, einen neuen noch unbekannten Planeten anzunehmen habe, der gegenwärtig an einer gegebenen Stelle sich befinde, und die Erforschung dieser Gegend durch Beobachtung führte auf Entdeckung des Neptun. Sie fragen: Wenn alle Körper auf alle anderen wirken, warum hat man den Neptun nicht auch in den Bewegungen des Saturn oder Jupiter wahrgenommen? Beide Sterne sind viel weiter vom Neptun, dagegen näher bei einander und bei der Sonne als Uranus, und die Neptunswirkungen sind daher weit geringer, die gegenseitigen und die Sonnenwirkung viel bedeutender, so daß man die erstere neben den letzteren nicht mehr wahrnimmt.

Die Astronomie stellt in ihrem gegenwärtigen Zustande ein Haus dar, dessen Bau bis zum Dache vorgeschritten ist, und es bleibt nur übrig durch Feststellung der Elemente für möglichst viele Sterne und durch Aufsuchen von Wegen, vermittelst deren die Rechnung leichter und einfacher wird, den Ausbau zu vollenden.

Die Grundlage der Astronomie ist die Beobachtung ver-

mittelst des Gesichtssinnes, die ihrerseits wieder dadurch bedingt wird, daß von den Sternen etwas ausgeht, was in unsern Augen die Empfindung hervorruft, die wir Licht nennen. Könnten wir die Sterne nicht sehen, so wäre man wohl kaum dazu gekommen, sich das eben erwähnte Problem zu stellen, und es gäbe keine Astronomie.

Die Gesammterscheinungen des Lichtes weisen darauf hin, daß der Raum zwischen den Sternen nicht leer ist, wie man wohl glauben möchte, sondern daß er von einem äußerst dünnen Medium erfüllt ist, dem man den Namen Aether gegeben hat, und dessen wellenförmige Bewegungen auf unser Gesichtsorgan den Eindruck des Lichtes machen. Die einzelnen Theilchen des Aethers stoßen sich gegenseitig ab, denn sonst würden sie sich zu Körpern zusammenballen müssen, sie wirken auch auf die (die Sterne bildenden) Massentheilchen und diese auf sie, aber wie diese Wirkungen geschehen, welchem Gesetze sie folgen, das ist zur Zeit noch unbekannt. Hier beginnen die Räthsel.

Sehen wir von dem Umstande ab, daß wir nicht wissen, warum die Sonne leuchtet, was den Fixstern veranlaßt, den Aether in Schwingungen zu setzen und so uns in unermeßlicher Entfernung von ihm befindlichen Erdbewohnern Kunde von seiner Existenz zu geben, so kommt hiebei die Astronomie vergleichsweise gut weg. Der Lichtstrahl durchzieht den Weltenraum in gerader Richtung und legt in jeder Secunde 42100 geogr. Meilen zurück. Die Helligkeit eines Körpers nimmt gleich der Schwerewirkung ab, wie das Quadrat der Entfernung wächst. Diesen ganz einfachen Gesetzen folgend gelangt der Strahl bis an die Grenze unsrer Atmosphäre, wo die Strahlenbrechung beginnt, mit der Sie bereits Herr Cotta (I. 33) bekannt gemacht hat, und die Unsicherheit der Bestimmung des Lichtweges auf der kurzen nur wenige Meilen betragenden Strecke durch den Luftkreis ist größer als auf dem viele Millionen von Meilen betragenden Wege durch den Weltenraum. Dennoch ist auch diese Unsicherheit, wenn man einen Stern nur nicht gar zu nahe am Horizonte beobachtet, nur sehr gering, da die Wirkung der Luft auf das Licht ziemlich bekannt ist, und die Astronomie kann als vor allen andern Naturwissenschaften begünstigt betrachtet werden.

Die Welt, wie sie aus der Hand der Astronomen hervorgeht, ist eine Anzahl von Haufen materieller Substanz, die sich um einander herumbewegen, im Falle, daß sie sich außerdem um eine in ihnen befindliche Axe drehen, die Gestalt von an dieser Axe abgeplatteten Rotationsellipsoiden, wenn sie dieses nicht thun, die Kugelform haben, und einander Licht zusenden. Von weiteren Vorkommnissen spricht die Astronomie nicht, wenn wir von einigen verhältnißmäßig untergeordneten Punkten, z. B. der Ursache der Kometenschweife, der Frage, ob dieser oder jener Stern eine Atmosphäre habe u. dgl., absehen.

Begeben wir uns auf einen dieser Sterne, so werden wir finden, daß derselbe durchaus von einem und demselben Stoffe gebildet ist, von einem Stoffe, der die Beweglichkeit unsrer Luft hat, dagegen aller und jeder Elasticität, welche diese in so hohem Grade besitzt, entbehrt. Die einzelnen Atome liegen blos durch die gegenseitige Anziehung getrieben, lose auf einander wie die Körnchen eines Haufens Sand und lassen keine andern Zwischenräume zwischen sich leer, als die, welche durch ihre Form angegeben werden, denn sind sie z. B. kugelförmig und von gleicher Größe, so wird es unmöglich sein, daß sie einen Raum continuirlich ausfüllen. Wo wir uns hinwenden, wird außer etwa der Stärke der Beleuchtung, keine Aenderung dessen, was wir sehen, wahrzunehmen sein, kein Berg, kein Thal, nicht Stein noch Wasser oder Luft.

Daß diese Welt der unsrigen nicht entspreche, ist offenbar; wären ja wir selbst unmöglich in derselben. Die Beobachtung der so weit entfernten Himmelskörper gibt uns keine Aufschlüsse über die Fragen, deren Beantwortung erfordert wird, wenn die Ursache der auf der Erde gefundenen Verschiedenheiten zu ergründen ist, und wir müssen daher die gewissermaßen aus dem Groben geschnitzte Welt aus der Hand des Astronomen übergehen lassen in die des Physikers.

Es wäre nun eine physikalische Aufgabe, unter Zugrundelegung der Schwerewirkung, die sich für die Oberfläche eines Sphäroides auf eine der Größe nach nahezu constante Anziehung der einzelnen Körper senkrecht gegen die Sternoberfläche reducirt, eine oder ein paar Kräfte zuzuziehen, den einzelnen Atomen etwa eine verschiedene Gestalt zu geben, wobei noch

die Wirkung derselben an den verschiedenen Enden verschieden sein kann (Polarität), und nach diesen Annahmen ebenfalls ein ganzes System für sich zu berechnen, wie es der Astronom thun kann, und bei dem nur nothwendig wäre, für die ebengenannten Grundlagen bestimmte Werthe zu setzen, um sie der wirklichen Welt anzupassen.

Die heutige Physik ist nicht im Stande, diese Aufgaben zu lösen; es stehen zwar dem Physiker zur Erforschung der Natur mehr Hülfsmittel zu Gebote als dem Astronomen, denn ihm dienen 5 Sinne, während dieser nur einen, allerdings den ausgebildetsten, das Gesicht benützen kann, und außerdem kann er im Experimente viele Erscheinungen willkürlich hervorrufen, und so Fragen an die Natur stellen, was dem Astronomen gänzlich versagt ist, denn dieser muß die Erscheinungen abwarten, kann sie aber nie sich dienstbar machen. Diese Vortheile halten übrigens nicht Schritt mit dem Anwachsen der Schwierigkeiten, die der Physiker zu überwinden hat, und die Lösung des Räthsels muß, wie bereits bemerkt, erst noch kommen.

Wenn man irgend einen Körper erwärmt, so dehnt er sich aus, kühlt man ihn ab, so zieht er sich zusammen. Diesem Verhalten nach muß zwischen den einzelnen Theilchen der in Rede stehenden Substanz ein leerer Raum sein, denn würden die Atome sich unmittelbar berühren, so wäre eine Verringerung des Volumens unmöglich, da nicht ein Atom an einer Stelle sich befinden kann, wo gleichzeitig ein anderes ist.

Wäre die allgemeine Schwere, die, wie ich Ihnen gezeigt habe, zur Berechnung der Bewegung der Himmelskörper ausreicht, auch hier die einzig wirkende Kraft, so ließe sich gar kein Grund denken, warum die einzelnen Atome sich nur bis zu einer bestimmten Grenze und nicht vollständig nähern, und es ist daher unumgänglich nothwendig, eine zweite Kraft anzunehmen, die eine allzugroße Annäherung verhindert. Ein flüssiger oder fester Körper leistet Widerstand, man mag ihn zusammendrücken oder aus einander ziehen wollen; er muß sich daher in einem Zustande befinden, in welchem die in ihm wirkenden anziehenden und repulsiven Kräfte das Gleichgewicht halten. Entfernt man die Atome durch Ziehen von einander, so suchen sie sich wieder zu nähern, es muß also in einer die

Ruhelage überschreitenden Entfernung die Anziehung größer sein, als die Abstoßung. Die entgegengesetzte Erscheinung bei dem Zusammendrücken führt auf den entgegengesetzten Schluß. Die abstoßende Kraft nimmt mit wachsender Entfernung schneller ab als die anziehende, und man ist gegenwärtig so ziemlich darin einig, daß man annimmt, es seien die einzelnen Atome der (der Schwere unterworfenen) materiellen Substanz mit Hüllen des Weltäthers, desselben, der den Uebergang des Lichtes von einem Stern zum andern vermittelt, umgeben. Die Kerne dieser Systeme suchen sich einander zu nähern, die Hüllen dagegen gestatten die Annäherung nur bis zu einem gewissen Grade. Ein Anzahl solcher Systeme oder Molecule kann sich so zusammenlegen, daß die Umrisse der ganzen Masse eine bestimmte geometrische Gestalt bekommen, einen Krystall geben, doch ist dieses nicht bei allen der Fall; die einen setzen der Kraft, die die einzelnen Molecule aus ihrem Zusammenhange bringen (auseinanderdrücken) will, einen großen Widerstand entgegen, sind hart, andere thun dieses nicht, sind weich u. s. w. Es läßt sich selten angeben, warum in einem vorliegenden Falle etwas gerade so geschehen müsse und nicht anders, und man kann in der Regel eine Erscheinung nur dann voraussagen, wenn man sie bei denselben Voraussetzungen schon so und so oft hat eintreten sehen.

Im Allgemeinen erstrecken sich diese Wirkungen nur auf ganz unmeßbar kleine Entfernungen, und sind bei nur etwas größeren Distanzen der Körper wie gar nicht vorhanden. Wenn Sie einen Stein in Stücke zerreißen wollen, so wird er Ihnen einen bedeutenden Widerstand entgegensetzen, ist aber dieser überwunden, so wird, wenn Sie die Bruchstücke auch noch so genau auf einander legen, der frühere Zusammenhang nicht wieder hergestellt, denn die einzelnen Theilchen kommen nicht mehr so nahe zusammen, als sie früher waren, und die neue Entfernung, wenn auch nur um ganz wenig größer als die alte, reicht hin, die ganze Wirkung verschwindend klein zu machen. Bringt man Schwefelsäure und Kali zusammen, so verbinden sie sich (sie ziehen sich an und halten sich dann fest) mit großer Lebhaftigkeit; allein in der geringsten meßbaren Entfernung von einander zeigen sie nicht eine Spur von Wirkung.

Man unterscheidet diese Thätigkeit von derjenigen der Schwere und gibt ihr den Namen Moleeular- oder Contactwirkung.

In einigen Fällen, wie bei der Elektricität und dem Magnetismus, findet man allerdings bis auf ziemlich beträchtliche Entfernung noch eine Anziehung und Abstoßung der Körper, so daß man diese als die Resultate eigener von den vorhergehenden verschiedener Kräfte annehmen kann, was früher auch wirklich geschehen ist, allein in neuerer Zeit haben sich so viele Berührungspunkte der beiderseitigen Thätigkeiten ergeben, daß eine strenge Trennung nicht mehr möglich ist. Wahrscheinlich gibt es nur eine oder ein paar Kräfte, von denen die gesammten Moleeularerscheinungen abhängen und die sich nach ganz einfachen Gesetzen regeln, aber welche Kräfte und Gesetze diese sind, läßt sich zur Zeit nicht sagen.

Das Ganze ist ein künstlich geschlungenes Netz, dessen Maschen nach einer bestimmten Norm gebildet sind. An manchen Stellen läßt sich die Construction ein gutes Stück Weges verfolgen, auf andern spottet sie aller Mühe, und da letztere neben den ersteren vorkommen, wird der ganze Zusammenhang gestört. Es geben so die Stücke eine Reihe von Kapiteln der Physik, wie Licht, Wärme, Elektricität, Magnetismus, Chemie u. s. w., die alle durch Ausläufer gegenseitig verbunden sind, ohne daß es bisher gelungen wäre, den Zusammenhang klar zu erkennen.

Die Physik beschäftigt sich nur mit todten Köpern, in so ferne man darunter den Gegensatz zu den Gebilden der organischen Welt versteht, zu deren Reich dieselbe in einem ähnlichen Verhältnisse steht, wie die Astronomie zu ihr. Hier dienen wieder die physikalischen Gesetze zugleich mit den astronomischen als Grundlage, zu der dann noch neue kommen müssen, welche eben den Unterschied zwischen organischen und unorganischen Körpern bedingen; allein mit diesen ist es noch viel schlechter bestellt, da schon die Grundlage, die physikalischen Gesetze, sehr viel zu wünschen übrig lassen und das Ineinandergreifen der Erscheinungen noch viel verwickelter ist. Ich will mich einer weiteren Besprechung derselben enthalten, da sie in unserm Bande des Kosmos ohnehin nicht zur Sprache kommen.

Die im vierten Kosmosbande erörterten Gegenstände umfassen die Größe, Gestalt und Dichtigkeit der Erde, sowie deren thermische und magnetische Verhältnisse; die drei ersten derselben bilden gewissermaßen den Uebergang vom astronomischen Theile zum physikalischen, denn sie könnten vorhanden sein, wenn auch außer der Erde kein Gestirn existiren würde, wenn es also gar keine Astronomie gäbe, während z. B. die Bewegung der Erde im Raume nur möglich ist, wenn außer ihr noch andere Sterne vorhanden sind, denn ohne sie würde sie entweder ihren Platz gar nicht ändern oder mit stets gleicher Geschwindigkeit in gerader Richtung fortgehen, niemals aber eine Ellipse beschreiben. Sie sind aber zu gleicher Zeit Objecte astronomischer Forschung, da wir sie für die andern Sterne, wenigstens für die unsres Sonnensystems, ebenfalls finden können. Nicht so ist es mit Wärme und Magnetismus, denn die Astronomie befaßt sich weder mit der Temperatur noch mit den magnetischen Zuständen der Sterne, wenn auch sicher ist, daß auch in Rücksicht auf sie zwischen der Erde und den Himmelskörpern mannichfache Wechselbeziehungen stattfinden, was schon daraus erhellt, daß die Wärme der Erdkruste fast ganz von der Sonnenwirkung abhängt.

Es bleibt mir nun noch übrig, einen Plan zu entwerfen, dem die Briefe, welche ich Ihnen über den Kosmos schreiben werde, sich anschließen sollen, das Ziel anzugeben, nach dem ich in denselben streben will. Herr Cotta hat als Motiv zu seinen Briefen auf den Umstand hingewiesen, daß Tausende, welche das merkwürdige Buch mit Eifer ergriffen, es in einem gewissen Grade betrübt aus der Hand legten mit dem niederschlagenden Gefühle, daß sie es nicht ganz verstehen, obwohl sie die Fülle des Inhaltes auf jeder Seite ahneten und durch die hochpoetische Darstellung länger daran gefesselt wurden, als dies außerdem der Fall gewesen sein würde, und hat diesem Mißstande dadurch abgeholfen, daß er aus dem Hauptwerke das Wichtigere aushob und näher erläuterte. Sie finden in dem ersten Bande von Cotta's Briefen bereits eine Besprechung der sämmtlichen Gegenstände, welche in meinen Briefen vorkommen. Wie jedoch Herr v. Humboldt es für zweckmäßig erachtete, auf die bereits im ersten Bande angedeuteten Verhältnisse in den folgenden zurück-

zukommen, so dürfte auch eine Arbeit nicht ganz überflüssig sein, die sich zu den Cotta'schen Briefen etwa so verhält, wie die neueren Bände des Kosmos zum ersten. Herr v. Humboldt hat in seinem vierten Bande die Gesammtheit dessen, was man gegenwärtig über die besprochenen Gegenstände weiß, zusammengestellt, meine Aufgabe wird es zunächst sein, die Art und Weise der Auffindung, die Herr Cotta dem Bedürfnisse des ersten Bandes entsprechend nur andeuten konnte, in ausgedehnterer Weise zu geben. Ich werde Sie namentlich bei dem Magnetismus nicht ganz mit Hypothesen verschonen können. Die Hypothesen sind Nothbrücken, vermittelst deren wir über die dunkeln Gebiete der Wissenschaften hinweggelangen, sie lassen uns den Zusammenhang vieler einzelnen Erscheinungen ahnen, wenn unser Wissen nicht reicht, denselben ganz zu erkennen. Es wäre allerdings wünschenswerth, daß es in der Physik wie in der Astronomie keine Hypothesen gäbe, allein solange die Physik nicht auf der Höhe dieser letzteren Naturwissenschaft ist, sind sie unumgänglich nöthig, und wenn dieses nur darum wäre, daß man größere oder kleinere Parthien unter einem und demselben Gesichtspunkte zusammenfassen kann, daß man bei dem Anblicke der einzelnen Bäume den Wald nicht übersieht.

Ich halte es für meine erste Aufgabe, Ihnen die im Kosmos besprochenen Gegenstände möglichst klar zu machen. Daß der Kosmos von Vielen nicht ganz verstanden wird, liegt nicht etwa darin, als sei derselbe unklar geschrieben, denn dieses ist durchaus nicht der Fall; es ist hier nur Manches, was dem Umfange des Buches nach unmöglich speciell erläutert werden konnte, stillschweigend als bekannt vorausgesetzt, und mögen Sie daher verzeihen, wenn ich, um dieses Material herbeizuschaffen, mitunter von dem Texte des Kosmos abzuweichen scheine.

Zweiter Brief.

Die mathematische Eintheilung der Erde.

Wollen wir die Beziehungen eines Punktes auf der Erdoberfläche zu einem andern oder zu dem ganzen Planeten näher kennen lernen, so wird unsre erste Arbeit die sein, anzugeben, wo auf der Erde dieser Punkt sich befinde; um aber dieses thun zu können, müssen wir im Stande sein, jede Stelle in einer Weise zu bezeichnen, daß sie mit keiner andern zu verwechseln ist.

Man löst die Aufgabe durch Beiziehung zweier sich schneidenden Ebenen.

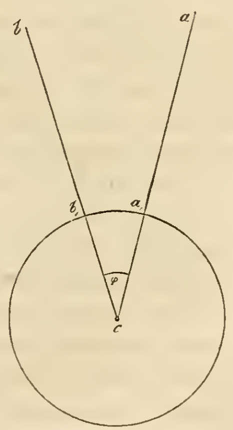
Nehmen Sie die Erde zunächst als Kugel an, und denken Sie dieselbe an einer beliebigen Stelle so aus einander geschnitten, daß der Schnitt eine ebene Fläche bildet, so muß die Peripherie dieser letzteren stets ein Kreis sein. Schneiden Sie nur einen kleinen Theil der Kugel ab, so ist der begrenzende Kreis ebenfalls nur klein, derselbe wird aber um so größer, je näher der Schnitt an dem Kugelmittelpunkte vorbeigeht, und erhält seinen größten Werth, wenn er durch diesen Punkt selbst geführt wird. Wir wollen einen solchen Kreis, der durch einen durch den Mittelpunkt gehenden Schnitt hervorgebracht wird, einen größten nennen. Die Kugel hat nach allen Richtungen dieselbe Form, und darum werden, wir mögen den Schnitt in was immer für einer Richtung ziehen, alle größten Kreise gleiche Größe besitzen.

Nehmen sie einen runden Apfel zur Hand und bezeichnen Sie einen ganz beliebigen Punkt seiner Oberfläche, so wird es leicht sein, dadurch, daß Sie dem Messer ursprünglich eine andere Richtung geben, den Apfel auf die verschiedenste Weise und doch immer so auseinander zu schneiden, daß stets der bezeichnete Punkt in die Peripherie, der Apfelmittelpunkt dagegen in den Mittelpunkt der Schnittfläche fällt. Der eine dieser Schnitte wird da durchgehen, wo der Stiel des Apfels angewach-

sen ist, ein anderer geht quer durch den Apfel, ein dritter hat eine Zwischenrichtung u. s. w.

Ist die Lage eines Ortes festzusetzen, handelt es sich also darum, Merkmale aufzufinden, wodurch er sich von allen andern Punkten unterscheidet, so kann man sich durch ihn und den Erdmittelpunkt eine Schnittfläche gelegt denken. Der Ort unterscheidet sich nun von einer großen Menge anderer, die anderswo auf der Erdoberfläche liegen, dadurch, daß er an der Schnittfläche liegt und jene nicht, und somit ist seine Lage schon theilweise bestimmt; aber er theilt die Eigenschaft, in der Peripherie des gezogenen größten Kreises zu liegen, noch mit vielen andern, denn der Kreis läßt sich als aus einer sehr großen Anzahl von Punkten zusammengesetzt denken, die alle in ihm liegen. Um nun die Feststellung zu vervollständigen wird quer auf dem vorigen ein neuer Schnitt geführt, der nicht durch den Mittelpunkt zu führen braucht, aber ebenfalls durch den zu bestimmenden Ort geht. Der neuerdings entstandene Kreis schneidet den alten an 2 Punkten, dem bezeichneten und einem ihm im neuen Kreise diametral entgegengesetzten. *Unter allen Punkten der Oberfläche haben nur 2 die Eigenschaft, von beiden Schnitten getroffen zu werden, und wenn demnach angegeben wird, welcher der beiden Punkte gemeint sei, oder wenn man, wie es gewöhnlich geschieht, den ersten Schnitt nur zur Hälfte ausgeführt denkt, so kann die Lage des Ortes mit der keines andern mehr verwechselt werden.* Sie können die Richtigkeit dieser Sätze leicht bestätigt finden, wenn Sie an einem Apfel die bezeichneten Schnitte ausführen.

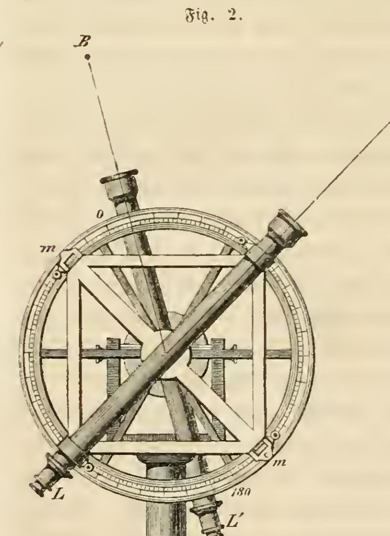
Fig. 1.



Es bleibt noch übrig, die Lage der Schnitte etwas näher anzugeben. Doch ehe ich dieses thue, mögen Sie mir erlauben, einige Vorbemerkungen zu machen. Befindet sich das Auge eines Beobachters in c (Fig. 1), irgend ein Gegenstand in ganz beliebiger Entfernung in der Richtung ca, ein anderer in der Richtung

cb, so bezeichnet man den Umstand, daß die beiden Geraden nicht einerlei Richtung haben, damit, daß man sagt, sie **bilden einen Winkel** oder sie **schneiden sich unter einem Winkel**. Der Punkt c ist der **Scheitel**, die beiden geraden Linien ca und cb sind die **Schenkel** des Winkels. Um anzugeben, daß man mit einem Winkel zu thun habe, setzt man sehr häufig das Zeichen ∢ und gibt dem einzelnen zum Unterschied von jedem andern die Zeichen der Linien, die ihn einschließen, oder, wenn keine Zweideutigkeit zu befürchten ist, das Zeichen des Scheitels allein, in unserm Falle also acb (ac und cb) oder c, oder man schließt auch einen Buchstaben (in der Figur φ) ein und benennt den Winkel nach ihm. Um die Größe eines Winkels, d. h. den Unterschied in der Richtung der ihn einschließenden Geraden, anzugeben, denkt man sich um c einen Kreis gezogen, und dessen Peripherie in 360 Theile (Grade, °) getheilt, und zählt die Grade ab, die in dem von den Geraden eingeschlossenen Theile des Kreises (bei uns a_1 b_1) sich befinden. Ist größere Genauigkeit nöthig, so theilt man, wenn a_1 b_1 nicht in ganzen Graden aufgeht, den Rest in Minuten (′) und Secunden (″). Sechzig Secunden geben eine Minute, 60 Minuten einen Grad.*) Um die Größe eines Winkels zu finden, kann man sich verschiedener Instrumente bedienen; ich will mich darauf beschränken, Ihnen nur eines derselben, das Borda'sche etwas näher anzugeben.

Fig. 2.



Auf einem Stative befinden sich 2 Fernrohre L und L′ (Fig. 2), mit deren einem man nach dem Gegenstande A, mit dem

*) Die Franzosen theilten während der ersten Revolution einige Zeit lang den ganzen Kreis in 400 Grade à 100 Minuten à 100 Secunden.

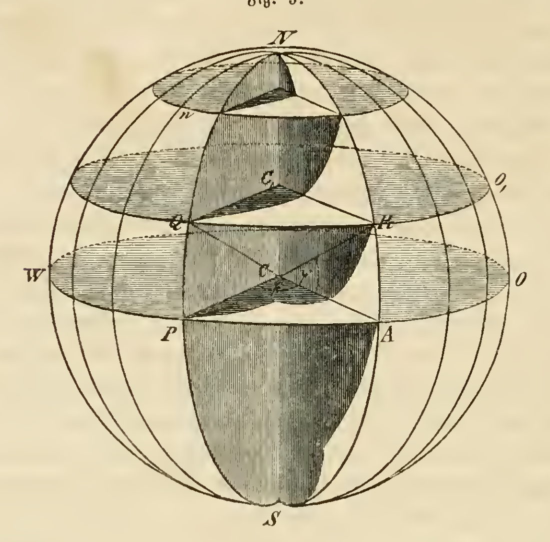
andern man nach B sieht, worauf der Kreis und L' durch Schrauben festgestellt werden. Dreht man dann das Fernrohr L (ohne den Kreis und L' zu bewegen) so, daß man auch durch dieses den Gegenstand B sieht, so beträgt die Drehung, je nachdem sie in dem einen oder dem andern Sinne ausgeführt wird, den von A und B eingeschlossenen Winkel oder 360° weniger denselben. Die Größe der Drehung wird an dem Kreise abgelesen. Da jede Beobachtung auf das Zeugniß unserer Sinne gestützt ist, diese aber wie auch die Instrumente nie mathematisch genau sind, so ist jede Beobachtung größeren oder kleineren Fehlern unterworfen, weshalb, um diese auf möglichst enge Grenzen einzuschließen, vielfache Wiederholungen der Beobachtung und Drehungen des Instrumentes nothwendig sind; doch würde eine genauere Beschreibung der dabei nöthigen Handgriffe uns zu weit führen, es soll hier nur bemerkt werden, daß jede Stellung des Fernrohres L viermal abgelesen wird, um die Ungenauigkeiten des Instrumentes möglichst unschädlich zu machen, zweimal da, wo das Fernrohr den Kreis schneidet, zweimal an den Punkten m. Der Kreis steht in der Figur vertical, es ist aber das Instrument so eingerichtet, daß er jede beliebige Neigung gegen den Horizont einnehmen und mithin jeder Winkel bestimmt werden kann.

Ich bitte Sie nun, nachstehende Zeichnung (Fig. 3) etwas näher zu betrachten. Sie wissen, daß die Drehung der Erde um sich selbst gerade so vor sich geht, als befinde sich in ihrem Innern eine durch das Centrum gehende unbewegliche Linie (Axe), die in 2 Punkten, den sogenannten Polen, die Oberfläche schneidet und um welche die ganze Erdmasse sich bewegt. Diese Axe sei in der Figur durch die Linie NS vorgestellt, die man hier sehen kann, weil alle materielle Substanz entfernt gedacht wird, so daß von der ganzen Erde nur ein Gerüste von Ebenen und Curven übrig bleibt, die wir jetzt construiren wollen.

Durch den Mittelpunkt C und senkrecht zu der Axe legen wir eine Ebene, welche die ganze Kugel in 2 gleiche Theile theilt und deren Oberfläche in einem größten Kreise schneidet. Diese Ebene ist die unterste der 3 in der Figur horizontal schraffirten Ebenen, die Punkte A und P gehören dem Durchschnittskreise der Ebene und der Kugel an. Wir wollen diese Ebene

die Ebene des Aequators, den Kreis dagegen den Aequator nennen. Die 2 Halbkugeln, welche zu beiden Seiten der Ebene liegen, sind die nördliche (N) und die südliche (S).

Fig. 3.



Außer dieser Ebene construiren wir eine zweite, welche ebenfalls durch den Mittelpunkt geht, aber auch die Punkte N und S enthält. Ihr Durchschnitt mit der Erdoberfläche ist der Bogen SARN; Sie sehen von ihr nur die eine Hälfte, deren jenseits der Axe gelegene Fortsetzung nicht angegeben ist. Auch diese Ebene theilt die Erde in 2 Halbkugeln, die westliche (W) und die östliche (O). Von allen Punkten des Halbkreises NRAS aus würde man (N und S ausgenommen) die Axe nach derselben Richtung sehen, wenn die Erde durchsichtig wäre, denn die Richtung AC ist dieselbe wie RC, und darum haben sie alle gegen die Axe dieselbe Stellung und drehen sich bei der Rotation der Erde mit einander um diese; sie werden daher auch gleichzeitig Mittag und gleichzeitig Mitternacht haben. Befindet sich z. B. die Sonne in der Verlängerung der Linie CA, so haben alle Punkte unsres Bogens Mittag. Die Punkte des jenseitigen Bogens dagegen liegen auf der entgegengesetzten Seite der Axe und haben darum auch die entgegengesetzte Tageszeit Mitternacht. Nennen wir diejenigen Halbkreise, welche

alle diejenigen Punkte der Erde miteinander verbinden, die gleichzeitig Mittag haben, **Mittagskreise** oder **Meridiane**, so wird der Bogen NRAS ein solcher sein, da er die gestellte Bedingung erfüllt. Auch der Bogen NQPS ist ein Meridian, denn alle seine Punkte haben gleichzeitig Mittag, wenn die Sonne in der Verlängerung von CP steht, oder wenn bei der vorigen Stellung der Sonne vermöge der Drehung der Erde um ihre Axe P nach A und Q nach R gekommen ist.

Wir wollen uns nun die Aufgabe stellen, die Lage des Oberflächenpunktes festzusetzen.

Zu diesem Zwecke denken wir uns die Ebene NRS um die Axe gedreht, wie eine Thüre um die Angel und führen die Drehung aus, bis der Punkt Q in sie hineinfällt, daß sie also die Stellung NQPS erhält. Der Unterschied zwischen den beiden Stellungen der Ebene NRS wird durch den Winkel ACP oder φ angegeben, der mit RCQ gleiche Größe hat, und heißt in Graden, Minuten und Secunden angegeben die **geographische Länge** von Q. Dreht man in der Richtung AO, so ist die Länge eine **östliche**, geschieht die Drehung im entgegengesetzten Sinne, so erhalten wir eine **westliche** Länge. Gewöhnlich dreht man die Ebene so, daß die geographische Länge 180° nicht übersteigt, d. h. die Ebene NRAS wird nur so lange gedreht, bis sie auf der entgegengesetzten Seite der Axe angekommen ist, und giebt dann die Drehungsrichtung an; mitunter dreht man auch nur nach Osten und bekommt dadurch für alle Punkte der westlichen Halbkugel Längenwerthe zwischen 180° und 360°. Es ist die östliche Länge = 360° weniger die westliche Länge und umgekehrt. In unserm Falle giebt φ eine westliche Länge, weil angenommen wird, die Ebene sei direct von A nach P gedreht worden, hätten wir aber die Drehung über O, W und P bis wieder zu A gemacht, so würden wir 360° östliche Länge bekommen haben, für den Fall jedoch, daß wir bei gleichem Sinne der Drehung nur bis P gegangen wären, so hätte φ noch an den 360° gefehlt. Nimmt man die Stellung NRAS als die ursprüngliche des Meridianbogens, so wird diese bei der Drehung φ die Lage NQPS einnehmen, es wird daher Q so bald und so spät erreicht als P oder irgend ein anderer Punkt des

Bogens, es haben also alle Punkte desselben Meridians die nämliche Länge.

Durch Angabe der Länge eines Ortes allein erfahren wir nur die Lage seines Meridians, aber nicht mehr, und es muß daher noch festgestellt werden, wo auf diesem Meridian er sich befinde. Zu diesem Zwecke verschieben wir die Ebene AMPE an der Axe parallel mit sich selbst, etwa so wie eine Scheibe an einem Stabe, oder Perlen an einer Schnur, so lange, bis der Punkt Q in sie hineinfällt, bis sie also die Stellung QR angenommen hat, und der Winkel RCA $= \psi =$ QCP giebt alsdann die geographische Breite, die entweder eine nördliche oder südliche ist, je nachdem die Ebene gegen N oder gegen S geschoben wurde.

Fällt Q mit N zusammen, so ist $\psi = 90^\circ$, würde man die Ebene noch weiter schieben, so gäbe es keinen Durchschnitt derselben mit der Erde mehr; es kann darum auch eine größere Breite als 90° nicht geben. Wie die Angabe der Länge allein nicht hinreicht, die Lage eines Ortes vollkommen zu bestimmen, so thut es auch die Breite allein nicht, denn sie giebt nur den Kreis QR an, wo der Punkt sich befindet, es genügt aber, wenn man Länge und Breite zusammennimmt. An den beiden Polen giebt es keine Längenbestimmung mehr, weil dort alle Meridiane sich schneiden, allein hier ist es nicht mehr nothwendig, denn bis dorthin verschoben schrumpft der Durchschnittskreis QR zu einem Punkte zusammen. Die Entstehungsweise der Breitenkreise hat auch zu der Bezeichnung Parallelkreise die Veranlassung gegeben. Hätten wir die Aufgabe gehabt, die Lage des Ortes n anzugeben, so hätten wir die Meridianebene bis zu dem Kreise NnS drehen, die Breitenebene bis n schieben müssen, und die Winkel φ und ψ würden andere geworden sein.

Es lautet wohl etwas sonderbar, wenn man bei einer Kugel von Länge und Breite sprechen hört; doch läßt sich diese Benennung aus ihrem Ursprunge ganz leicht erklären.

Die Ansichten über die Gestalt der Erde waren in den verschiedenen Zeiten sehr verschieden. Kant sagt: „Fast giebt es keine Gestalt, in welche die Alten die Erde nicht gepreßt hätten." Bald sollte unser Stern eine Walze sein, mit oben bewohnter, unten unbewohnter Fläche in der Mitte des hohlen Himmels-

gewölbes frei stehend, weil keine Ursache vorhanden sei, irgend wohin zu gehen, oder sie sollte eine Schüsselform haben und im Wasser schwimmen. Plato gab der Erde eine Würfel-, Aristoteles die Kugelgestalt. Die letztere Ansicht, die sich bei den Griechen längere Zeit erhielt, mußte der Annahme weichen, die Erde habe eine Tafelform und diese hat im Mittelalter so die Herrschaft erlangt, daß im achten Jahrhundert ein Bischof von Salzburg seiner geistlichen Würden entsetzt wurde, weil er Antipoden lehrte, bis endlich durch Kopernicus die Kugelform wieder an die Reihe gelangte. Die den Alten bekannten Länder dehnten sich in der Richtung von Ost nach West viel weiter als von Süd nach Nord, und da es Sprachgebrauch ist, bei einer Fläche die längere Seite ihre Länge, die kürzere ihre Breite zu nennen, scheint man auf diese Benennungen gekommen zu sein, die sich bis auf unsre Tage erhalten haben.

Es dürfte hier am Platze sein, Sie auf eine Willkür aufmerksam zu machen, die bei Bestimmung der Lage eines Ortes zwar nicht bezüglich der Breite wohl aber der Länge herrscht.

Das Fundament der geographischen Ortsbestimmung sind die durch die Rotation der Erde gegebenen Pole. An den beiden Polen ist die Breite = 90°, an dem Aequator ist sie = 0°. Hier kann nicht die geringste Willkür herrschen, denn die Natur hat die Wahl der Punkte ganz genau festgesetzt. Anders ist dieses mit der Länge der Fall. Die beiden Pole sind die Punkte, in denen sich alle Meridiane schneiden, sie haben, keine oder wenn man will jede Länge, und sind daher in Beziehung auf diese ganz indifferent. Man kann daher in unsrer Figur (3) eben so gut den Meridian NQPS als Ausgangspunkt nehmen, als wir den Bogen NRAS genommen haben und kann auf ihn die Längen aller anderen Punkte der Erdoberfläche reduciren. Unter den Breitenkreisen ist einzig und allein der Aequator ein größter, unter den Meridianen ist es jeder, es hat keiner etwas vor den andern voraus, keiner ist der einzige seiner Art und darum kann auch von keinem gesagt werden, daß er vor allen andern den Vorzug verdiene.

Darum kann man jeden Meridian als Haupt- oder ersten Meridian nehmen; aber man muß alsdann, wenn die Messung eines Ortes mit einer andern verglichen

werden soll, angeben, wo dieser Meridian liegt, d. i. durch welchen Ort er geführt wurde. In der alten Zeit war dieses anders. Damals waren das westlichste bekannte Land die insulae fortunatae, die jetzigen canarischen Inseln, im Osten konnte man die Grenzen nicht angeben, das Land verlor sich in Ostasien in unbestimmter Ferne. Was war nun natürlicher, als daß man die canarischen Inseln als den Anfang der Welt setzte, und von ihnen aus nach Osten zählte? Als durch die Entdeckung von Amerika, noch mehr aber durch die erste Weltumseglung durch Magelhaen (1519—1521) der Satz von der kugelförmigen Gestalt der Erde zur unumstößlichen Gewißheit geworden war, konnte man füglich nicht mehr von einem Anfange der Welt in der obigen Bedeutung sprechen, und die canarischen Inseln verloren daher das lange genossene Vorrecht, doch wurden sie darum nicht alsbald verlassen; man wählte auf ihnen zuerst den durch den Pik von Teneriffa, dann den durch die Westspitze der Insel Ferro gehenden Meridian als den Ausgangspunkt der Längenmessungen. In neuerer Zeit rechnen die meisten seefahrenden Nationen nach dem Meridian ihrer Hauptsternwarte. Die Franzosen legen den Meridian von Paris (Sternwarte), die Engländer den von Greenwich, die Nordamerikaner den von Washington ihren Rechnungen zu Grunde u. s. w. und fast nur die Deutschen sind dem Ferromeridian treu geblieben, doch ist auch dieser nicht mehr der alte. Auf Anordnung des Cardinals Richelieu ging nämlich eine französische Commission nach Ferro, um den Abstand des dortigen Meridians von dem von Paris zu bestimmen, wobei sich zeigte, daß die Längendifferenz zwischen der Westspitze von Ferro und Paris 19° 52′ betrug, wofür in runder Zahl 20° genommen wurden. Später wurde gefunden, daß die Längendifferenz 20° 24′ 30″ ausmacht, und man ließ den Ferromeridian durch eine Stelle gehen, die 24′ 30″ östlich von der Westspitze der Insel liegt. Dieser Meridian ist mithin nur ein verkappter Pariser Meridian, denn er geht in Ferro durch eine Stelle, die auch nicht im Mindesten sich durch etwas Anderes auszeichnet, als daß ihre Längendifferenz von Paris durch eine runde Zahl sich ausdrücken läßt. Der Ferromeridian würde vielleicht auch von den Deutschen schon verlassen sein, wenn er nicht durch Verhinderung von

Verwechslung östlicher mit westlicher Länge sich empfehlen würde. Wenn man sich des Ferromeridians bedient, so weiß man a priori, daß z. B. alle europäischen Punkte östliche Länge, alle amerikanischen eine westliche haben; dieses ist dagegen bei dem Meridian von Paris nicht der Fall.

Es ist Ihnen vielleicht nicht unangenehm, wenn ich hier die Längen von ein paar Sternwarten angebe, um nöthigenfalls nachschlagen zu können. Es ist

Ferro	20°	0′	0″	w.	v.	Paris
Greenwich	2°	20′	24″	=	=	=
Washington	79°	23′	10″	=	=	=

Die westliche Länge eines Ortes von Ferro aus gezählt ist um 20° 0′ 0″ kleiner, als wenn man Paris als Hauptmeridian nimmt, die östliche Länge ist um eben soviel größer. Bei den andern Sternwarten sind statt 20° die diesen entsprechenden Zahlen zu setzen.

Dritter Brief.

Die Bestimmung räumlicher Größen.

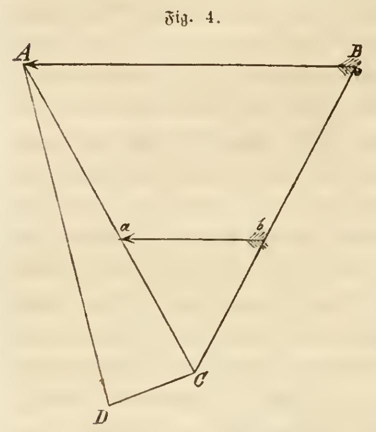
Die Angabe, wie weit zwei an verschiedenen Stellen befindliche Punkte von einander seien, das Messen von Distanzen, ist eine Arbeit, die uns im praktischen Leben so oft vorkommt, daß Sie es vielleicht zuerst für überflüssig halten, wenn ich bei diesem Gegenstande etwas länger verweile; allein es geht hier wie mit so vielen andern Dingen, man hält sie beim ersten Anblicke für äußerst einfach, und findet bei genauerem Ueberlegen dennoch, daß, um zu einem annehmbaren Resultate zu gelangen, allerlei Schwierigkeiten überwunden werden müssen, die man vorher gar nicht geahnt hatte.

Will man über die Ausdehnung irgend eines Gegenstandes sich ein Urtheil verschaffen, so denkt man sich unwillkürlich 2 Linien von dem Auge aus gegen die 2 Endpunkte desselben gezogen und schließt aus dem Winkel, den diese beiden Gesichtslinien mit einander machen, auf die Größe, die je nach dem Winkel in Graden, Minuten und Secunden angegeben wird.

Die so bestimmte Größe giebt aber nichts Anderes an, als den Eindruck, den der gesehene Gegenstand macht und schwankt je nach dessen Entfernung von dem Beobachter.

Nehmen Sie an, Ihr Auge sei in C (Fig. 4) und Sie sehen nach dem Pfeile ab, so wird der Winkel aCb, der von den beiden Richtungslinien eingeschlossene, also derjenige sein, nach dem Sie die Größe ab angeben. Der in AB befindliche Pfeil wird Ihnen aber eben so groß erscheinen, obwohl seine Dimensionen ganz andere sind.

Fig. 4.



Es erscheint ein Gegenstand um so größer, je näher er dem Beobachter ist, und weil aus der Divergenz der beiden Gesichtslinien nur der Eindruck angegeben werden kann, den der Anblick auf den Beobachter macht, giebt der Gesichtswinkel auch nur die scheinbare Größe. Blicken Sie an den Himmel, so werden Sie finden, daß Sonne und Mond sich Ihnen als Scheiben darstellen, die nahezu gleiche (scheinbare) Größe haben. Wegen der elliptischen Gestalt der Bahnen des Mondes um die Erde sowohl als der Erde um die Sonne sind beide Himmelskörper nicht immer gleich weit von uns entfernt, und darum ist ihre scheinbare Größe nicht immer dieselbe. Ist die Erde in der Sonnennähe, der Mond in der Erdferne, so erscheint die Sonne größer, der Mond kleiner, und wenn alsdann die Mittelpunkte der Himmelskörper Erde, Mond und Sonne in eine gerade Linie fallen und in der eben angegebenen Ordnung hinter einander stehen, so verdeckt der Mond uns wohl den inneren Theil der Sonnenscheibe, nicht aber den Rand, weil die Sonne größer erscheint und wir haben eine ringförmige Sonnenfinsterniß. Wenn umgekehrt bei übrigens derselben Stellung der 3 Gestirne der Mond in der Erdnähe, die Erde in der Sonnenferne sich befindet, so erscheint der Mond größer als die Sonne, und die Finsterniß ist eine totale.

Wenn Sie den Finger in geringer Entfernung von dem Auge ausstrecken, können Sie damit einen bedeutenden fern gelegenen Berg zudecken, d. i. die scheinbare Größe des Fingers kann die des Berges übertreffen; dagegen wird dieses nicht mehr möglich sein, wenn der Berg nahe ist, oder der Finger um die ganze Armeslänge entfernt wird.

Der scheinbaren Größe entgegengesetzt ist die wirkliche oder wahre, die Sie erhalten, wenn Sie eine beliebige Größe als Maaßeinheit zur Hand nehmen und genau so wie der Kaufmann mit dem Ellenstabe sein Tuch mißt, untersuchen, wie oft sie in ab oder in AB enthalten sei.

Hiezu ist erforderlich, daß der zu messende Gegenstand zugänglich sei; ist dieses nicht der Fall, so muß die scheinbare Größe das Mittel abgeben, die wahre zu bestimmen, was unter einer bestimmten Vorbedingung ausführbar ist. Diese Vorbedingung ist erfüllt, wenn man die wahre Größe und Entfernung eines beliebigen Gegenstandes und die Entfernung des zu messenden kennt. Gesetzt Sie wissen, um bei unsrer Figur stehen zu bleiben, die wahre Größe ab und entweder die beiden Entfernungen Ca und CA oder das Verhältniß beider zu einander, so ist die Größe AB leicht gefunden, denn ab ist so oft in AB enthalten, als aC in AC. Hierauf beruht die Bestimmung der wahren Größe der Gestirne unsres Sonnensystems, wie auch die Höhenmessung unsrer Berge.

Soll die Länge eines Körpers gemessen werden, so kann man eine ganz beliebige andere Länge als Einheit nehmen, und suchen, wie oft sie in jener enthalten sei; ist dann noch ein anderer Gegenstand da, dessen Verhältniß zu dem ersten angegeben werden soll, so muß auch dieser nach derselben Einheit bestimmt werden. Sollen z. B. die Längen zweier Häuser verglichen werden, so muß man beide mit demselben Maaßstabe messen. Ebenso ist es, wenn mehrere Personen messen und vergleichbare Resultate ihrer Messungen erhalten wollen, durchaus nöthig, daß sie sich einer und derselben Einheit bedienen. Das Bedürfniß, sich über die Wahl derselben zu verständigen, ist daher so alt, als das Messen überhaupt. Natürlich waren die ersten Messungen sehr roh und man nahm als Einheiten je nach der Ausdehnung des zu messenden Gegenstandes das, was

man am nächsten hatte, Theile des menschlichen Körpers. So nahm man die Länge des ersten Gliedes des Daumens — Zoll, — die Länge der Fußsohle von der Ferse bis zur Zehenspitze — Fuß, — die Entfernung der Spitze des ausgestreckten Mittelfingers bis zum Ellenbogen — Elle, — die Weite, welche ein Mensch mit ausgestreckten Armen erreichen kann — Klafter, — 1000 Schritte — Meile — (von mille). Der nächste Schritt war nothwendiger Weise für jede staatliche Gemeinde die Bestimmung einer gewissen Länge für eines dieser Maaße, da die genannten Körpertheile bei den verschiedenen Menschen ungleich lang sind, und dadurch zu große Differenzen im Messen sich ergaben, sowie das Zurückführen der einen Einheit auf die andere So mußte man offenbar bald darauf verfallen, sich über die Zahl von Zollen zu verständigen, die ein Fuß enthalten sollte, denn es konnte ja ein und derselbe Gegenstand das einemal nach Fußen, das anderemal nach Zollen gemessen werden, und die Zahl 12 empfahl sich darum, weil sie durch 2, 3, 4 und 6 ohne Rest theilbar ist.

Die zu messenden Gegenstände haben nicht immer eine einzige Dimension, welche berücksichtigt werden muß, sie haben deren 2 (Länge und Breite), sind Flächen; oder 3 (Länge, Breite und Höhe), sind Körper. Auch hier kann man für jede Gattung besondere Einheiten nehmen, doch kann man auch, und dieses ist in der Regel der Fall gewesen, die erstgenannten Einheiten wieder anwenden. Man kann eine Einheit von 1 Fuß Länge und 1 Fuß Breite, also 1 Quadratfuß, als Einheit für die Flächenmaaße und ebenso 1 Kubikfuß als Einheit für die Körpermaaße nehmen.

Die Wahl der Einheit ist eine willkürliche, nur muß sie, einmal angenommen, festgehalten werden. Von dieser freien Wahl ist denn auch der freieste Gebrauch gemacht worden, theils weil in früherer Zeit der geringe Verkehr zwischen den Gliedern der verschiedenen Staaten eine Maaßeinigung nicht nothwendig erheischte, theils auch, weil jedes Städtchen und Ländchen sich in seiner Würde ungemein gehoben glaubte, wenn es seine Maaßangelegenheiten selbstständig ordnen durfte, und man gab dabei sicher sehr darauf Achtung, daß nicht etwa die in dem eigenen Ländchen gebrauchten Einheiten mit

denen der Nachbarstaaten zufällig übereinstimmten. So enthält eine in dem Annuaire du Bureau des Longitudes für 1832 enthaltene Vergleichung von italienischen Fußmaaßen, welche allein die bei dem Feldmessen gebrauchten berücksichtigt, die im Handel angewandten ausschließt, auch nicht als vollständig angegeben wird, nicht weniger als 215 verschiedene Längen.

Solange die Messungen, die man machen will, nur solche sind, bei denen es auf große Genauigkeit nicht ankommt, bedarf es zur Herstellung der Normaleinheit keiner sehr bedeutenden Vorsicht; wenn aber diese zur Grundlage wissenschaftlicher Untersuchungen gemacht werden soll, muß die Kunst Alles anwenden, die Länge der Einheit möglichst genau und sicher anzugeben. Außerdem muß das Originalmaaß an einem geschützten Orte aufbewahrt werden, um in späteren Zeiten immer wieder Vergleichungen damit anstellen zu können.

Das Bedürfniß der sicheren Bestimmung der Einheit des Längenmaaßes wurde zuerst fühlbar, als man im Jahre 1734 in Frankreich die Messungen zweier Grade der Erdmeridiane entwarf, welche Bouguer und Condamine unter den Aequator und Maupertuis unter den Polarkreis führten. Damals wurden zwei einander gleiche Exemplare der Toise verfertigt, nämlich Stäbe von Eisen, deren Endflächen die Entfernung erhielten, welche von dieser Zeit an als die Einheit des französischen Längenmaaßes angesehen worden ist. Diese Einheit wurde so gewählt, daß sie mit den unter gleicher Benennung im Gebrauche befindlichen Maaßen insoweit übereinstimmte, als dieses bei deren stattfindenden kleinen Verschiedenheiten erkannt werden konnte, also so, daß die das Maaß anwendenden Künste und Gewerbe durch seine neue Festsetzung keine Störung erfuhren. Die eine dieser Toisen wurde später durch Schiffbruch beschädigt, die andere, und zwar die unter dem Aequator in Peru angewandte, wurde unversehrt zurückgebracht und die Länge, welche sie besitzt, indem sie sich in der Wärme von 13° des Reaumur'schen Thermometers befindet, ist die unter der Benennung Toise de Pérou vorhandene Einheit des Längenmaaßes. Diese Einheit wird in 6 Fuße oder 72 Zolle oder 864 Linien getheilt. Das Maaß ist dasselbe, welches mit dem Namen Parisermaaß bezeichnet wird und in allen wissenschaftlichen Werken

gemeint ist, wenn man ohne weiteren Beisatz von Fußen u. s. w. spricht.

Der Mißstand, daß so große Vorsicht auf die Erhaltung des Normalmaaßes verwendet werden muß, ist nicht zu umgehen, so lange letzteres willkürlich gewählt ist, denn sowie dasselbe verloren geht und nicht aus Copien wieder hergestellt werden kann, sind alle darauf gegründete Messungen werthlos. Wer irgend etwas messen will, muß zur Vergleichung seines Resultates sich eine Copie der anderwärts gebrauchten Normaleinheiten verschaffen oder das Verhältniß seiner Einheit mit der anderwärts gebrauchten aufsuchen.

Ein Vergleich wird diesen Umstand etwas klarer machen. Das Thermometer ist eine mit einer Röhre verbundene Kugel von Glas, in welcher sich Quecksilber befindet. Wenn das Instrument erwärmt wird, so dehnt sich das Quecksilber stärker aus als das Glas und steigt in der Röhre, und fällt im entgegengesetzten Falle. Auf einem neben der Röhre befestigten Papiere kann man jetzt vermittelst einer größeren oder kleineren Anzahl von gleich weit von einander abstehenden Querstrichen eine ganz beliebige Eintheilung machen, man kann alsdann die Wärme, bei welcher das Quecksilber den ersten Strich erreicht 1°, wenn es am zehnten steht 10° u. s. w. nennen und hierauf mit diesem Instrumente Temperaturen bestimmen. Will ein anderer Beobachter ebenfalls ein Instrument machen, so muß er, sollen anders die beiderseitigen Beobachtungen sich mit einander vergleichen lassen, wissen, welche Temperatur das erste Instrument mit 1° angiebt und wie groß die Grade sind. Geht das gebrauchte Instrument vor der Vergleichung verloren, so sind alle damit angestellten Versuche werthlos. Aus diesem Grunde sah man sich genöthigt, sich nach Erscheinungen umzusehen, die jederzeit bei derselben Wärme vor sich gehen und sie als Grundlagen der Thermometereintheilung zu machen. Das Eis schmilzt stets bei der nämlichen Wärme, das Wasser siedet bei einem Barometerstande von 337 Linien stets bei gleicher Temperatur. Man sucht daher an seinem Instrumente die beiden fixen Punkte und theilt die Differenz der jeweiligen Quecksilberstände in 80 Grade, wenn man Reaumur'sche, in 100 Grade wenn man die nach Celsius benannten haben will. Es könn-

ten nun, sei es durch was immer für ein Ereigniß alle Thermometer sammt und sonders zu Grunde gehen: so lange man die fixen Punkte kennt, wird man sowohl gleichlautende Instrumente herstellen, als auch die gemachten Beobachtungen vergleichen können, und ebenso kann man — und dieses ist der Hauptvortheil — ein ganz genaues Thermometer construiren, ohne daß man nöthig hätte, es mit einem der bereits vorhandenen zu vergleichen.

Das Messen mit der willkürlichen Einheit gleicht dem Bestimmen der Wärme nach der willkürlichen Scala, und man muß darum fort und fort für die Erhaltung des Urmaaßes Sorge tragen, weshalb es sehr zu wünschen ist, ein Maaß zu haben, das man unabhängig von früheren Bestimmungen jederzeit wieder finden könnte, wie die fixen Punkte am Thermometer.

Von diesem Grundsatze ausgehend, wurde während der ersten französischen Revolution beschlossen, ein solches Naturmaaß einzuführen, und als Einheit der zehnmillionte Theil des vierten Theiles des über die Pole gemessenen Erdumfanges, oder mit andern Worten des Erdmeridianquadranten gesetzt. Diese Einheit wird Meter genannt, und durch fortgesetzte Division der Meterlänge mit 10 erhält man Decimeter, Centimeter und Millimeter, durch fortgesetzte Multiplication mit 10 dagegen Dekameter, Hektometer, Kilometer und Myriameter. Die Einheit des Flächenmaaßes — Are — ist ein Quadrat von einem Dekameter Seite. Die Einheit des Körpermaaßes für feste Substanzen — Stere — ist ein Cubus von einem Meter Seite; für Flüssigkeiten — Liter — ein Cubus von einem Decimeter Seite. Die Einheit des Gewichtes — Gramme — ist die einen Cubus von einem Centimeter Seite füllende Masse reinen Wassers in dem mit dem 4. (genauer 4,1) Grade des hunderttheiligen Thermometers eintretenden Zustande seiner größten Dichtigkeit. Dieselben Abtheilungen und Vervielfachungen des Are, Stere, Liter, Gramme, welche für das Meter durch besondere Benennungen bezeichnet worden sind, erhalten die analogen. Die Einheit der Münze — Franc — wiegt 5 Gramme und besteht zu 9 Zehntheilen aus Silber und zu einem Zehntheil aus Kupfer; sie wird in Decimen und Centimen eingetheilt.

Das metrische System besitzt gegen die übrigen den Vortheil der consequenten Durchführung einer und derselben Einheit für die verschiedensten Messungen. In den Fällen, wo man von der kleineren Größe zu der bedeutenderen überzugehen hat, wird die Rechnung viel einfacher als bei dem sonst üblichen Duodecimalmaaß. Um z. B. zu wissen, wieviel 7 Centimeter 35 mal genommen betragen, braucht man nur 7 mit 35 zu multipliciren und von dem erhaltenen Producte 245 die letzte Stelle abzusondern. Man erhält so 24 Decimeter und 5 Centimeter. Durch Wiederholung desselben Verfahrens mit der Zahl 24 findet man, daß 24 Decimeter gleich 2 Meter 4 Decimeter sind. Hat man 7 Linien 35 mal zu nehmen, so muß man zuerst die 245 durch 12 dividiren, woraus man erfährt, daß diese 245 Linien 20 Zollen und 5 Linien gleich kommen, worauf erst durch wiederholte Rechnung die 20 Zolle als Fuß und Zolle ausgewerthet werden können. Hat übrigens das metrische System, namentlich wenn es sich um größere Zahlen handelt, einen entschiedenen Vortheil, so ist es unbequemer, wenn ein größeres Maaß durch 3, 4 oder 6 getheilt werden soll. Der dritte Theil eines Fußes ist gleich 4 Zollen, der dritte Theil eines Meters dagegen ist gleich 3 Decimetern + 3 Centimeter + 3 1/3 Millimeter. Dieser Nachtheil ist eher größer als kleiner, als der vorerwähnte Vortheil, und der Nutzen der allgemeinen Vertauschung des metrischen Systemes gegen das bei uns übliche Duodecimalsystem wäre ein sehr problematischer.

In wie weit das metrische System den an dasselbe als Naturmaaß gestellten Forderungen entspricht, darüber erlaube ich mir Ihnen nachstehende Bemerkungen des berühmten Königsberger Astronomen Bessel vorzuführen.

„Wenn die Natur einen Körper hervorbrächte, welcher in allen Fällen, in welchen er sich zeigt, stets eine gleiche Abmessung besäße, so ist kaum zu bezweifeln, daß man bei der bestehenden Willkür der Wahl des Maaßes, diese Abmessung zum Maaße der Längen gemacht haben würde. Wären alle seine Abmessungen in allen Fällen gleich, so würde er auch ein natürliches Körpermaaß darbieten. Besäße er noch dazu in allen Fällen gleiche Dichtigkeit seiner Materie, so würde seine Masse auch die natürliche Gewichtseinheit darstellen. Allein man kennt

keinen Körper, welcher diese 3 Eigenschaften, oder auch nur eine davon darböte, also auch keinen, durch welchen man unmittelbar messen und wägen könnte. Will man dennoch ein Naturmaaß, so kann man es also nur durch Messung des Gegenstandes, von dem es hergenommen werden soll, erlangen. Die Länge des einfachen Secundenpendels könnte dieser Gegenstand sein; sie empfiehlt sich durch ihre Zugänglichkeit an jedem Orte der Erde, sowie auch durch die verhältnißmäßige Leichtigkeit der Operationen, welche ihre Messung fordert. Ihre Unveränderlichkeit beruht auf der Voraussetzung des Gleichbleibens der Schwere an dem Messungsorte, deren Richtigkeit nie bezweifelt worden ist, allein doch durch die neueren Erfahrungen über die langsame Erhebung großer Theile der Erdoberfläche einigermaßen unsicher wird. Wenn man sie zur Grundlage eines Maaßsystems wählen wollte, so müßte man sie auf einen bestimmten Ort beziehen, nicht auf ein bestimmtes Parallel, indem bekannt ist, daß sie nicht an allen Punkten desselben gleich ist. Der Erdquadrant wurde der Pendellänge aber vorgezogen, weil ihre Erklärung sich auf die Zeit bezieht (nämlich auf die Schwingungszeit des Pendels), der Erdquadrant dagegen ohne weitere Beziehung ein Längenmaaß ist; bestimmt ist dieses Maaß, wenn der Meridian der Erde angegeben wird, unter welchem es genommen werden soll, während es ohne diese Angabe so lange unbestimmt bleibt, als man nicht die Ueberzeugung erlangen kann, daß alle Meridiane der Erde gleich sind, eine Ueberzeugung, welcher neuere Gradmessungen sich entscheidend widersetzen.

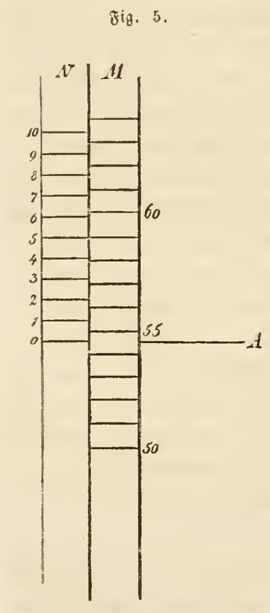
Von welchem nicht selbst als Maaß anzuwendenden Gegenstande man aber auch das Naturmaaß hernehmen möge, so muß es immer durch seine Messung erlangt werden. Da wir aber keine Größe durch Messung oder Beobachtung kennen lernen, sondern uns ihr dadurch nur nähern können, so erfüllt das durch Messung zu erlangende Naturmaaß nie die erste der Forderungen, welche ein Maaß erfüllen soll, nämlich die, an sich selbst jede Unbestimmtheit auszuschließen. Sowie man aber ein bestimmtes Maaß dem Resultate einer Messung entsprechend, also eine materielle Darstellung dieses Resultats einführt und für die Folge geltend macht, leistet man eben dadurch

auf das Naturmaaß Verzicht. Man könnte erst ein solches Maaß erlangen, wenn man die Kunst gefunden hätte, durch eine Messung zu einem völlig bestimmten Resultate zu gelangen, eine Kunst, welche nicht zu finden ist, indem jede Schärfung der Messungsmethoden nur eine Vermehrung der Annäherung hervorbringen, nie aber die unvollkommene Leistung der Sinne in Vollkommenheit verwandeln kann."

Aus diesen Worten Bessels läßt sich leicht ersehen, daß ein Naturmaaß, wenn auch wünschenswerth, doch nie erreicht werden kann, wenigstens ist hiezu durchaus keine Aussicht vorhanden. Man kann jetzt einen Normalmaaßstab so wenig entbehren als früher, und schon jetzt, da das Meter noch keine 70 Jahre zählt, weiß man bereits, daß es um etwa 1/40 Linie zu kurz ist, und daß der Erdmeridianquadrant nicht 10 Millionen, sondern 10 Millionen und 565 Meter enthält.

Sind genaue Messungen auszuführen, so darf nichts vernachlässigt werden, was das Resultat, wenn auch noch so wenig, trüben könnte. Reicht der zu messende Gegenstand nicht bis an das Ende des Maaßstabes, so muß an einer Eintheilung nachgesehen werden, wie viel an dessen ganzer Länge fehlt. Diese Eintheilung muß durch Unterabtheilungen so weit getrieben werden, als die Mechanik es zuläßt, und weil alsdann die einzelnen Theilstriche mit freiem Auge nicht mehr gesehen werden können, muß man zur Loupe seine Zuflucht nehmen. Weil die einzelnen Unterabtheilungen zwischen sich, wenn auch nur sehr kleine Intervalle lassen, wird in der Regel das Ende des zu messenden Gegenstandes zwischen 2 derselben hineinfallen. Sei z. B. in Figur 5 A das Ende des Gegenstandes, M der Maaßstab, so fällt A zwischen die 54. und 55. Abtheilung hinein, und es ist nun anzugeben, wie viel der Ueberschuß über 54 betrage.

Fig. 5.



Zu diesem Zwecke bedient man sich eines zweiten verschiebbaren Maaßstabes N, des sogenannten Nonius oder Vernier, der so eingetheilt ist, daß 10 seiner Abtheilungen 9 des großen Stabes gleich kommen. Dieser Nonius wird bei dem Ablesen so verschoben, daß sein Nullpunkt mit A in dieselbe Linie fällt. Jeder Theil des Nonius hat 9/10 der Länge eines Maaßstabtheiles. Wenn in der Figur der mit 5 bezeichnete Noniustheil mit 59 des Maaßstabes zusammenfällt, so ist 4 um 1/10 höher als 58, 3 ist um 2/10 höher als 57 und 0 ist um 5/10 höher als 54; da aber A mit 0 übereinstimmt, so hat A die Höhe 54 5/10. Wäre der Nonius nicht vorhanden, so müßte man A schätzen und würde dabei leicht einen Fehler machen. Delambre bestimmte vermittelst des Nonius noch 1/400000tel einer Toise, also weniger als 1/460 einer Linie.*)

Der Maaßstab darf nicht ohne Berücksichtigung der Temperatur benutzt werden, weil er in der Wärme etwas länger wird; man darf ihn nicht unmittelbar in die Hand nehmen, weil die dadurch stattfindende theilweise Erwärmung eine Ausdehnung bewirkt, die nicht bestimmt werden kann. Aus demselben Grunde darf er auch nicht von der Sonne beschienen werden. Es versteht sich von selbst, daß bei jedem Anlegen des Maaßstabes auf die Richtung desselben die größte Vorsicht gewendet werden muß. Er muß bei dem Anlegen an allen Punkten gleichmäßig gestützt sein, damit er sich nicht bei ungleicher Unterstützung etwas biegt, zwei Maaßstäbe dürfen nicht unmittelbar an einander gelegt werden, denn dabei könnte der schon liegende etwas angestoßen und von der Stelle gerückt werden; dafür muß aber der jeweilige Zwischenraum wieder bestimmt werden u. s. w.

Das genaue Messen eines Gegenstandes ist eine der schwierigsten Aufgaben, die es giebt, und wohl nur wenige Arbeiten nehmen die peinlichste Geduld so in Anspruch, wie diese.

So lange man mit verhältnißmäßig kleinen Distanzen zu thun hat, bedient man sich zur Angabe der Entfernung beider

---

*) Läßt sich ein Gegenstand, der gemessen werden soll, seiner ganzen Länge nach unter das Mikroskop bringen, so kann man noch Größen von etwa 1/2000 Linie bestimmen.

Endpunkte von einander des Fuß- oder des Metermaaßes; wird jedoch deren Zahl zu groß, so wird eine größere Zahl derselben als Meile oder Stunde zusammen genommen. Die ursprüngliche Bedeutung des Wortes „Meile" weist zwar auf 1000 Schritte hin, da aber der Schritt bald lang bald kurz ist, sind nach und nach verschiedene Meilen zum Vorschein gekommen, ja man hat in späterer Zeit sogar vorgezogen, die Meile als einen bestimmten aliquoten Theil des Erdäquators oder seines 360. Theiles des Grades auszudrücken; da aber dieser selbst nicht ganz genau bekannt ist, wie ich in einem der späteren Briefe zeigen werde, so ist auch die Länge der Meilen schwankend. In nachstehender Tabelle finden Sie die Längen der gebrauchtesten Maaße nach den gegenwärtigen Annahmen zusammengestellt.

Maaß.	In Par. Fußen.	In Graden.
Seestunde (Lieue marine)	17132,556	$^1/_{20}$
Deutsche Meile	22843,410	$^1/_{15}$
Seemeile	5710,854	$^1/_{60}$
Englische Meile	4954,14	$^1/_{69,164}$ *)

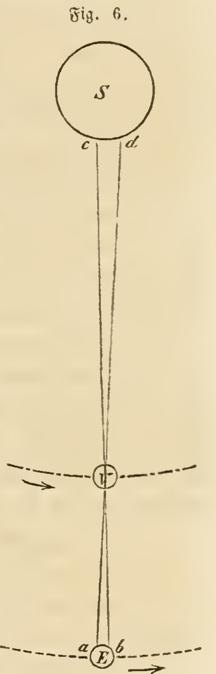
Erlauben Sie mir nun, näher auf ein Problem einzugehen, das ich oben nur vorübergehend behandelte. Ich habe Ihnen am Eingange dieses Briefes gezeigt, wie man die wahre Größe von AB Figur 4 bestimmen könne, wenn das Verhältniß der Entfernungen AC zu aC und die wahre Größe von ab bekannt ist. Allein wie findet man dieses Verhältniß, wenn AB unzugänglich ist und die Entfernung nicht direct gemessen werden kann, wenn z. B. AB der Mond ist und C ein Punkt auf der Erde? Ist D ebenfalls ein Punkt der Erde, dessen Stellung in Bezug auf C man kennt, so kann man, wenn man nach der im zweiten Briefe angegebenen Weise verfährt, die beiden Winkel A und D bestimmen, indem man zuerst von C nach D und A, dann von D nach C und A

*) Die englische Meile scheint, dem Bruche nach zu schließen, mit der Größe des Aequators nicht zusammenzuhängen; doch ist dieses erst jetzt so, denn als die Bestimmung der Meile gemacht wurde, glaubte man noch, die Erde sei kleiner; nach der alten Bestimmung war sie genau $^1/_{60}$ des Grades.

visirt, und da außerdem die Länge von CD bekannt ist, lassen sich daraus sowohl der Winkel A als auch die Längen von AC und AD berechnen.

Je ferner ein Gegenstand ist, um so kleiner wird der Winkel DAC, der die doppelte Größe der Parallaxe hat, wenn C und D auf der Erde sich diametral gegenüberstehen, und da kleine Winkel viel schwieriger zu bestimmen sind als große, weil ein kleiner Fehler einen viel größeren Bruchtheil des Ganzen ausmacht, so muß man zur Bestimmung der Parallaxe sehr ferner Körper seine Zuflucht zu verschiedenen Hülfsmitteln nehmen, wie Ihnen bereits Herr Cotta im ersten Bande dieser Briefe gezeigt hat. Ich will mich einer Wiederholung der Bestimmung der dort abgehandelten Fixsternentfernungen enthalten und nur einige Worte über die Sonnenferne mögen hier Platz finden. Sie wissen, daß der Planet Venus wie die Erde um die Sonne eine Ellipse beschreibt, die aber von der Erdbahn eingeschlossen ist. Es kann darum vorkommen, daß die 3 Gestirne in der Ordnung Sonne, Venus, Erde in einer geraden Linie hinter einander stehen, und daß dadurch die Venus für die Erde eine partielle Sonnenfinsterniß veranlaßt, was in jedem Jahrtausend sechszehnmal eintritt. Bedeutet in Figur 6 S die Sonne, V die Venus, E die Erde und a und b 2 Beobachtungspunkte, so sieht man von letzteren aus über die Venus hinüber 2 verschiedene Punkte der Sonnenscheibe, und ebenso wird man auch, da die Venus in der Richtung des Pfeiles geht und links in die Sonne eintritt, in a das Phänomen früher als in b beobachten. Aus diesen Momenten läßt sich das Dreieck a b V berechnen und die Entfernung E V bestimmen, und da man aus dem 3. Kepplerschen Gesetze*)

Fig. 6.



*) Die dritten Potenzen der Entfernungen der Planeten von der Sonne verhalten sich wie die Quadrate der Umlaufzeiten.

das Verhältniß der Entfernungen VS zu ES kennt, die wahre Größe von ES oder die Entfernung der Sonne von der Erde.

Diese Methode, die beste unter allen, wurde von Halley, demselben der zuerst die Rückkehr eines Kometen, des nach ihm benannten, voraussagte, aufgestellt. Er gab die Art der Messungen, und empfahl den Astronomen der späteren Zeiten, die jeweiligen Venusdurchgänge nicht zu versäumen, denn er habe keine Aussicht einen derselben zu erleben.*) Halley's Rath wurde befolgt und von verschiedenen europäischen Regierungen abgesandt begaben sich Commissionen in das stille Meer und an dessen Küsten, wo die Erscheinung sichtbar war. Auf Grund dieser Messungen wird gegenwärtig die mittlere Entfernung der Sonne von der Erde zu 20,682,440 Meilen angegeben, doch ist sie, weil der Zustand der damaligen Instrumente viel zu wünschen übrig ließ, bis auf 1/200 der ganzen Größe ungenau, sie kann daher 100,000 Meilen mehr, kann auch um ebenso viel weniger betragen.

Die Entfernung der Erde von der Sonne ist eine neue Einheit des Längenmaaßes, sie ist in der Astronomie das, was die Meile auf der Erde; alle Entfernungen der Planeten gründen sich auf sie, und theilen ihre Ungenauigkeit, denn sie beruhen nicht auf eigenen Messungen, sondern sind aus deren Umlaufzeit, und der Entfernung der Erde von der Sonne vermittelst des erwähnten Kepplerschen Gesetzes abgeleitet.

Diese Einheit reicht nur für unser Sonnensystem, sie ist zu klein, wenn es sich um Fixsternentfernungen handelt, und hier hat man als neue Einheit das Lichtjahr, nämlich den Weg, den ein Lichtstrahl, der 42100 Meilen in einer Secunde zurücklegt, in einem ganzen Jahre macht. Eine größere Einheit des Längenmaaßes giebt es zur Zeit nicht.

Es ist sehr wohl möglich, daß es Sterne giebt, die Millionen von Lichtjahren von uns abstehen, dagegen ist es andererseits gewiß, daß viele Größen, wie z. B. die Durchmesser der Atome, den millionten Theil der kleinsten Maaßeinheit, des Millimeters, weitaus nicht erreichen.

*) Er starb 1742, die seinem Tode nächsten Durchgänge erfolgten 1761 und 1769.

Vierter Brief.

Die Zeitmessung.

---

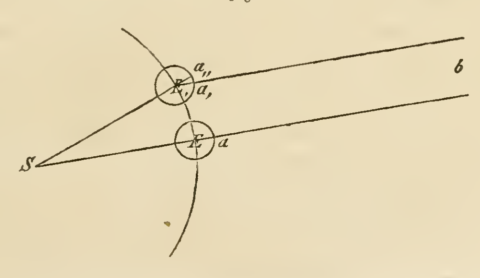
a. Natürliche Zeiteinheiten.

Nach Bestimmung der räumlichen Größen bleibt uns übrig, ein zweites Element zu messen, die Zeit. Es wäre mir unbedingt nur eine Besprechung der Bestimmung der Zeiträume, die wir durch die Uhren abmessen, also der Stunden, Minuten und Secunden, nöthig; ich erlaube mir jedoch der Vollständigkeit wegen auch die größeren Zeiträume, wie Tag, Woche, Monat und Jahr, näher zu erörtern.

Wenn uns bei Bestimmung der räumlichen Größen der Umstand hindernd in den Weg tritt, daß die Natur nichts hervorbringt, was stets genau dieselben Dimensionen hat, so leidet die Zeitmessung an dem Vorhandensein mehrerer natürlichen Größen, von deren keiner wir uns trennen können, die aber unter einander in keinem durch Zahlen angebbaren Verhältnisse stehen, wie dieses etwa mit Fuß, Zoll und Linien der Fall ist.

Wir entnehmen die Einheiten für das Zeitmaaß aus Erscheinungen, die in bestimmten Intervallen uns entgegentreten, und als solche muß uns offenbar der durch die Umdrehung der Erde hervorgebrachte Wechsel von Hell und Dunkel oder Tag und Nacht auffallen. Man unterscheidet Tag und Nacht oder nimmt beide als bürgerlichen Tag zusammen, und außerdem giebt es noch einen astronomischen Tag. Befindet sich in Fig. 7 die Erde in E, so wird ein Punkt a Mitternacht haben

Fig. 7.



und zugleich in der Richtung ab irgend einen Stern sehen. Während sich die Erde um ihre Axe dreht, gelangt sie auf ihrer Wanderung um die Sonne S nach E′ und a wird nach a, gekommen sein und den Stern wieder genau in derselben Richtung sehen, wie den Tag vorher. Jetzt ist ein astronomischer Tag vergangen. Wenn aber diese Stellung eingetreten ist, so ist es noch nicht Mitternacht, denn der Punkt muß noch bis a,, gehen, und wenn er dort angelangt ist, beginnt ein neuer bürgerlicher oder Sonnen-Tag. Die Dauer des Sterntages ist durchaus constant, wenigstens hat man, so lange die astronomischen Beobachtungen zurück ins graue Alterthum reichen, noch nicht die mindeste Aenderung wahrnehmen können. Der Sonnentag schwankt in Folge des Umstandes, daß die Erde nicht einen Kreis, sondern eine Ellipse um die Sonne beschreibt, und daß die Ebene des Aequators nicht mit der der Ekliptik zusammenfällt, in seiner Dauer etwas im Laufe des Jahres und wegen der eigenen Veränderlichkeit der beiden ihn veränderlich machenden Umstände auch im Laufe der Jahrhunderte, weshalb in der Astronomie der Sterntag durchaus als Rechnungsgrundlage benutzt wird, während man im bürgerlichen Leben den Sonnentag hat.

Würde man einzig nach Tagen rechnen, so müßten verhältnißmäßig kurze Zeiträume schon durch große Zahlen angegeben werden, und wie im Raume nicht alles nach Fußen und Zollen gemessen wird, muß man auch in der Zeitrechnung sich nach Perioden von größerer Dauer umsehen. Das Einfachste wäre freilich, irgend eine eine gewisse Anzahl von Tagen umfassende Einheit festzusetzen, wie man den Fuß als das Zwölffache des Zolles nimmt; aber wir haben in der Natur noch andere Perioden, die man nicht leicht insgesammt vernachlässigen darf, nämlich die Zeit, welche der Mond braucht, um um die Erde (der Monat), und die, welche die Erde braucht, um um die Sonne zu gehen (das Jahr). Unglücklicher Weise ist der Monat so wenig als das Jahr ein genaues Vielfaches des Tages, als das Jahr ein solches für den Monat, denn der Monat (ein Neumond bis wieder dahin) umfaßt 29,5306, ein Jahr (von einem Frühlingsanfang bis zum nächsten) hat 365,2422 Tage, das Jahr 12,3683 Monate. Giebt man dem

Monate 29 Tage, so ist er um etwas mehr als einen halben Tag zu kurz, und der Fehler beträgt nach dem zweiten Monat etwas mehr als einen Tag. Diesem Fehler kann theilweise dadurch abgeholfen werden, daß dem zweiten Monate ein Tag mehr zugerechnet wird, oder mit anderen Worten, daß man einen Tag einschaltet. Läßt man 2 Monate zusammen 59 Tage dauern, so sind sie um 0,0612 Tag zu lang und man muß nach einiger Zeit, wenn dieser Fehler einen Tag ausmacht, diesen weglassen. Geschieht dieses nach 32 Monaten, so kommt es zu oft, thut man es aber erst nach 33, so kommt es zu selten, und läßt man ihn das eine Mal nach 32, das andere Mal nach 33 Monaten weg, so ist es auch wieder nicht ganz richtig. So muß fort und fort corrigirt werden. Dasselbe ist der Fall, wenn man die Tage oder die Monate auf das Jahr reduciren will.

Das Bedürfniß, nach größeren Zeiteinheiten, als der Tag ist, zu rechnen, verliert sich in die fernste Zeit, in das Jugendalter des Menschengeschlechtes zurück, und zunächst war es der Mond, der durch seinen auffallenden, periodischen Lichtwechsel die Grundlage der neuen Messung abgab. Dieser Zustand mochte dauern, so lange die Menschen von Jagd und Heerden sich ernährten; als aber der Jäger und Hirte sich in Ackerbauern verwandelten, stellte auch die Abhängigkeit von den Jahreszeiten sich ein und man benutzte das Sonnenjahr. Es läßt sich diese Aufeinanderfolge allerdings nicht durch geschichtliche Thatsachen nachweisen, da beide Rechnungen sich in die vorhistorische Zeit verlieren, doch bleibt es richtig, daß die auf einer niedrigeren Culturstufe befindlichen Völker stets nach dem Monde, die anderen nach der Sonne rechneten. Die Römer hatten zuerst die Mond-, dann die Sonnen-Rechnung.

Die Feststellung der Dauer von Monat und Jahr wurde bei den alten Völkern dadurch bewerkstelligt, daß man das Auftreten gewisser Erscheinungen abwartete. So begann bei den alten Hebräern der Monat mit dem Neumonde. Man sah es gern, wenn vor Bekanntmachung des Neumondsfestes wenigstens zwei glaubwürdige Männer vor dem Rath erschienen und aussagten: „Um die und die Zeit haben wir den Neumond gesehen.“ Wurde derselbe am 30. Monatstage angemeldet, hatte

mithin der vorhergehende nur 29 gehabt, so erklärte der Rath diesen für mangelhaft und weihte den neuen mit dem Ausrufe: „Geheiligt!" ein, den das Volk zweimal wiederholte. Erfolgte aber am 30. Tage noch keine Anzeige, so legte man denselben noch dem alten Monat bei und erklärte diesen für voll, ohne den neuen Monat, der ohne weitere Anmeldung mit dem folgenden Tage begonnen wurde, einzuweihen. Die Erfahrung lehrte nun bald, daß Monate von 29 Tagen und solche von 30 Tagen mit einander abwechselten und weil es sich bei trüber Witterung leicht hätte ereignen können, daß mehrere 30tägige Monate einander gefolgt wären, setzte man fest, daß das Jahr nicht weniger als 4, nicht mehr als 8 volle Monate haben solle.

Das Jahr der alten Hebräer begann mit dem Monate, in welchem sie aus Aegypten gezogen waren. Am 16. Tage desselben oder am 2. des Festes der ungesäuerten Brode mußten reife Gerstenähren als Erstlinge der Ernte zum Opfer dargebracht werden. In der Ebene von Jericho, der wärmsten in Palästina, gelangt die Gerste gewöhnlich in den ersten Tagen unseres April zur Reife. Von dem Augenblicke an, wo die Aehren geopfert waren, durfte man die Ernte beginnen, und diese dauerte in den nördlichen am Libanon gelegenen Theilen des Landes bis zur zweiten Hälfte unseres Mai. Die Einrichtung war nun ganz einfach folgende. Gegen Ende des zwölften Monats besichtigte man in den wärmeren Gegenden des Landes die Saatfelder, um zu beurtheilen, ob die Gerste so weit gediehen sei, daß man mit Sicherheit hoffen durfte, um die Mitte des folgenden Monats reife Aehren opfern zu können. In diesem Falle begann man mit dem nächsten Neumonde das neue Jahr, widrigenfalls verlängerte man das alte um einen dreizehnten Monat, denn da 12 Monate zu 29½ Tagen 354 Tage ausmachen, wäre bei der constanten Zahl 12 der Jahresanfang bald in den März hineingerückt, also in einen Monat, wo noch keine Aehren geopfert werden konnten.

Wie Sie aus der ganzen Verfahrungsweise sehen, wurde die ganze Zeitbestimmung auf eine sehr elementare Weise betrieben und Schwankungen von einigen Tagen hin und her kamen stets vor, etwa wie ein Wagen auf einer holperigen

Straße bald links bald rechts hängt. So lange die bürgerlichen Verhältnisse in einem sehr ursprünglichen Zustande sich befinden, mag dieses angehen, in unseren Zeiten aber ist schon ein geebneterer Weg nothwendig, um die complicirte Staatsmaschine ohne Unfall weiter befördern zu können, und eine so schwankende Zeitrechnung ließe sich bei uns nur mit großen Unannehmlichkeiten durchführen.

Die alten Griechen fühlten die Unsicherheit der Zeitrechnung sehr bedeutend, wenigstens gaben sie sich viele Mühe, einen festen Turnus zu finden, nach welchem sich auf eine geraume Zeit voraus die Dauer der Monate und Jahre und die Stelle, bei welcher Tage oder Monate einzuschalten wären, festsetzen ließe, und sie versuchten es bald mit dieser, bald mit jener Ordnung. Ihre Monate begannen mit dem Neumonde und hatten bald 29, bald 30 Tage. Nach Ablauf von 12 Monaten hatten sie aber noch 11 Tage übrig, die auf eine schickliche Weise unterzubringen sie lange Zeit rathlos waren, bis endlich Meton einen Cyclus von 19 Jahren vorschlug, in welchem das 3., 5., 8., 11., 13., 16. und 19. 13, die übrigen 12 Monate haben. Neunzehn Jahre haben 6939,6 Tage, 235 Monate haben deren 6939,7, und es folgen sich die Sonnen- und Mondstellungen in diesem Turnus mit ziemlicher Genauigkeit. Die Genauigkeit wäre vollständig, wenn beide Perioden genau 6940 Tage ausmachen würden. Meton trug seine Rechnung dem zu Olympia versammelten griechischen Volke vor, welches daran so viele Freude hatte, daß es verordnete, man solle diese Zeitrechnung mit goldenen Buchstaben auf einer Tafel eingraben. Hiervon kommt die noch heutigen Tages in den Kalendern befindliche goldene Zahl, welche ergiebt, das wievielte Jahr einer solchen Periode ein gegebenes Kalenderjahr sei. Um sie zu finden addirt man 1 zu der Jahreszahl und dividirt durch 19. Der Rest giebt die goldene Zahl und wenn kein Rest bleibt, ist 19 selbst die goldene Zahl.

Man nennt die Jahre, in welchen auf Sonne und Mond gleichzeitig Rücksicht genommen ist, gebundene.

Die Römer rechneten von Numa bis Cäsar nach Mondjahren zu 355 Tagen und schalteten von Zeit zu Zeit einen

Monat ein. Mit der Kalenderbestimmung waren die Pontifices betraut. In der römischen Republik wurden jedes Jahr durch Neuwahlen die Beamten gewechselt, und so benutzten die Pontifices das ihnen geschenkte Vertrauen dazu, je nach Wohlgefallen das Jahr länger oder kürzer dauern zu lassen, darum wurde auch gelegentlich ein Monat eingeschaltet, ohne daß vorher ein Mensch davon eine Ahnung gehabt hatte. Es scheint übrigens, daß diese Herren im Durchschnitte eher einen baldigen Regierungswechsel als einen verspäteten wünschten, denn als im Jahre d. St. 708 Julius Cäsar das Amt eines Pontifex maximus bekleidete, mußte er, um wieder Ordnung herzustellen, durch Einschaltung von 3 Monaten dem genannten Jahre die Dauer von 445 Tagen geben.

Um derartige Vorkommnisse für die Zukunft unmöglich zu machen, beschloß Cäsar eine Kalenderreform. Nach dieser wird das Jahr als reines Sonnenjahr zu 365¼ Tagen angenommen und in 12 Monate zu 30 und 31 Tagen und einen zu 28 getheilt. Da der wirkliche Mondmonat nur 29½ Tage dauert, so sind diese Monate zu lang und der Neumond kann auf jeden Tag eines solchen Monats fallen, statt wie früher denselben allemal zu beginnen. Das gewöhnliche Jahr, jetzt auch das gemeine genannt, dauert 365 Tage. Nach 3 gemeinen Jahren kommt ein Schaltjahr zu 366 Tagen, um den jedesmal gemachten Fehler von ¼ Tag auszugleichen. Der Februar behielt seine Länge von 28 Tagen, wie im alten Kalender, weil die alten Römer in diesem Monate Festlichkeiten zu Ehren der Götter der Unterwelt hatten, mit denen es Julius Cäsar durch Störung ihres Cultus nicht verderben wollte, doch mußte sich dieser Monat gefallen lassen, den jeweiligen Schalttag aufzunehmen, der als der 24. bestimmt wurde. Der Angelpunkt dieses Jahres, wie auch des unserigen ist der 21. März, der auf die Frühlingsnachtgleiche fallen soll. Ein Schaltjahr war in diesem Kalender jedes, dessen Ziffer (nach der christlichen Zeitrechnung) durch 4 ohne Rest theilbar ist.

Diese Art der Zeitrechnung, nach ihrem Gründer die Julianische genannt, wurde nach dem Verfalle des Römerreichs von den Christen fortgeführt und erhielt sich bis ins 16. Jahrhundert, wo eine abermalige Correction eintrat. Das

julianische Jahr zu 365¼ Tagen ist nämlich um 11 Minuten 15 Secunden zu lang, und dieser Fehler beträgt in 128 Jahren einen ganzen Tag. Nach Julius Cäsar sollte die Frühlingsnachtgleiche stets auf den 21. März fallen, die Christen feiern ihr Osterfest an dem Sonntag, der zunächst auf den ersten Vollmond nach dem Frühlingsäquinoctium folgt, und ist dieser Vollmond selbst an einem Sonntag, so ist Ostern 8 Tage später. Beide Momente werden durch den Fehler des julianischen Jahres fehlerhaft, der 21. März alle 128 Jahre um einen Tag hinausgeschoben, und im 16. Jahrhundert betrug die Abweichung bereits 10 Tage. Um diesem Mißstande abzuhelfen, verordnete Papst Gregor XIII. auf Anrathen des Astronomen Lilius, daß man vom 4. October 1582 unmittelbar auf den 15. übergehe und daß in Zukunft jedes Secularjahr, das in 400 nicht ohne Rest theilbar sei, ein gemeines Jahr sein solle. Dieser Verordnung zufolge war das Jahr 1600 ein Schaltjahr, 1700, 1800 und 1900 sind gemeine Jahre, 2000 wird wieder ein Schaltjahr sein.

Diesem Kalender, nach seinem Urheber der gregorianische genannt, liegt der Satz zu Grunde, daß das julianische Jahr in 400 Jahren um 3 Tage, also in 133⅓ Jahren um einen Tag fehle; da dieser aber schon in 128 Jahren soviel abweicht, ist der gregorianische Kalender wieder nicht ganz richtig. Theils dieser Unrichtigkeit wegen, theils weil man sich vom Papste nichts einreden lassen wollte, rechneten im Abendlande die Protestanten während des 17. Jahrhunderts fort und fort nach dem julianischen Kalender, während die Katholiken sich an den gregorianischen hielten, ein Umstand, der, um einem dringenden Bedürfniß abzuhelfen, den Mißhelligkeiten dieses Jahrhunderts noch einige hinzufügte. Erst im Jahre 1700 vereinigten sich die protestantischen Stände der verschiedenen Staaten in Folge der Bemühungen von Leibnitz und Weigel dahin, nach dem 18. Februar auf den 1. März überzugehen und sich so der gregorianischen Rechnung anzuschließen. Gegenwärtig sind nur noch die Völker des griechischen Ritus dem julianischen Kalender treu; sie sind um 12 Tage hinter den Abendländern zurück. Man unterscheidet beide Rechnungen im Nothfalle durch die Buchstaben a. St., n. St. (alter Styl, neuer Styl), oder drückt

beide durch einen Bruch aus; so ist der 15./3. Mai der 15. Mai n. St., der 3. Mai a. St.

Die Türken haben ein anderes Jahr als die Christen; sie haben 12 Monate von abwechselnd 29 und 30 Tagen. Der letzte Monat hat in 5 Jahren dreimal 29, zweimal 30 Tage. Das türkische Jahr hat mithin 354 oder 355 Tage, es ist ein reines, sogenanntes bewegliches Mondjahr, denn wie bei unserem reinen Sonnenjahre die Frühlingsnachtgleiche jedesmal auf den 21. März fällt, dagegen der Neumond auf jeden Monatstag treffen kann, ist dort am Beginne des Monats jedesmal Neumond, aber das Neujahr kommt in allen Jahreszeiten herum. 100 türkische Jahre entsprechen der Dauer von 97 christlichen.

Die heutigen Juden bedienen sich zur Feststellung ihrer kirchlichen Feierlichkeiten einer sehr complicirten Rechnung. Da bei ihnen das Neujahr nie auf einen Sonntag, Mittwoch oder Freitag fallen darf, und nie ein streng gebotener Festtag unmittelbar vor oder nach dem Sabbath sein soll, haben sie sechserlei Jahre mit 353, 354, 355, 383, 384, 385 Tagen oder 12—13 Monaten, also gebundene Mondjahre.

Die Franzosen hatten während der ersten Revolution einen eigenen Kalender, in dem das Jahr in 12 Monate zu je 30 Tagen getheilt war, wozu 5, im Schaltjahre 6 Schalttage kamen. Das Neujahr war am 22. September. Die Monate hießen: Vendemiaire, Brumaire, Frimaire, Nivose, Pluviose, Ventose, Germinal, Floreal, Prairial, Messidor, Thermidor, Fructidor. Die Schalttage dauerten vom 16. bis 21. September. Die ganze Zeitrechnung dauerte übrigens nur vom 22. Sept. 1792 bis 9. Sept. 1805.

Nach Festsetzung der Einheit, nach welcher die Zeit gemessen werden soll, bleibt noch übrig, den Ausgangspunkt oder die Epoche zu bestimmen, um angeben zu können, wie eine gegebene Einheit in der Reihe der andern gestellt sei.

Am angemessensten wäre es wohl, die seit Erschaffung der Welt verflossenen Jahre zu zählen, wie dieses angeblich die Juden thun, doch dieses Jahr ist in undurchdringliches Dunkel gehüllt. Die Geologie lehrt, daß seit Erschaffung der Welt eine lange, lange Reihe von Jahrtausenden verflossen sei. Man

kann sich zwar auf die Bibel berufen, aber der hebräische und samaritanische Pentateuch und die Septuaginta weichen gerade in den Zahlen bedeutend von einander ab, und unter den mehr als hundert Angaben, die man über dieses Jahr besitzt (Des Vignoles giebt an, er habe deren 200 gesammelt) differiren die beiden äußersten um nicht weniger als 2500 Jahre. Die Juden zählen auch erst seit der Mitte des 4. Jahrhunderts unserer Zeitrechnung von der Erschaffung der Welt an, und ihre Bestimmung ist schon nach der alten Profangeschichte zu kurz. Sie datiren die Erschaffung der Welt auf den 8. October 3761 v. Chr. und zählen jetzt (1859) 5620. Ein Theil der im türkischen Reiche wohnenden Griechen zählt 7367.

Im alten Griechenland bezeichnete man die Jahre am liebsten nach den Regierungsjahren der Könige, Archonten, Priesterinnen u. s. w., und weil nun in ganz Griechenland jede Stadt und jedes Städtchen eine eigene Rechnung führte, wird dadurch die geschichtliche Feststellung einzelner Momente eben nicht erleichtert. Glücklicher Weise wurden die Jahre auch nach denjenigen benannt, die in Olympia den Sieg davon getragen hatten, und dieser Umstand wurde von dem unter Ptolemäus Philadelphus lebenden Geschichtsschreiber Timäus aus Sicilien benutzt, das Ganze in der Weise zu ordnen, daß er angab, das wievielte Jahr ein gegebenes seit Einführung der olympischen Spiele sei, welche auf das Jahr 777 vor Beginn unserer Zeitrechnung fällt. Diese Art von Zeitbestimmung ging jedoch nie über die gelehrte Welt hinaus, im gewöhnlichen Leben zählte man fort und fort nach Archonten u. dergl., selbst noch als die Selbstständigkeit der griechischen Republiken längst schon erloschen war. Aus diesem Grunde findet man auch die olympische Jahreszahl niemals auf griechischen Münzen.

Auch die Römer bezeichneten ihre Jahre nach den Namen der Consuln. Um sich aber aus der nach und nach immer mehr anwachsenden Liste zurecht zu finden, und doch wenigstens annähernd zu wissen, wie groß die Zeit sei, die man hinter sich habe, wurde, weil wissenschaftliche Beschäftigungen die starke Seite der Römer eben nicht waren, jedes Jahr auf dem Capi-

tol ein Nagel in die Wand geschlagen. Diese Nagelchronik muß übrigens nicht sehr sorgfältig gehandhabt worden sein, denn bereits zu Cicero's Zeiten konnte man das Alter der Stadt nicht mehr genau angeben, und wir sind dabei natürlich auch nicht besser daran als die Zeitgenossen Cicero's. Es wurde zwar angenommen, die Stadt Rom sei 13 Jahre nach der Einführung der olympischen Spiele gegründet worden, allein diese Zahl ist durchaus nicht sicher. Die Sitte, die Jahre nach den jeweiligen Consuln zu bezeichnen, dauerte, wie bei den griechischen Archonten, noch fort, als die Consuln längst aller politischen Bedeutung beraubt waren. Nebenbei rechnete man auch nach dem Regierungsantritte dieses oder jenes Kaisers. Der alexandrinische Bischof Cyrillus erwarb sich durch eine günstig aufgenommene Bestimmung des Osterfestes ein großes Verdienst, und da er diese an den Kaiser Diocletian geknüpft hatte, rechneten die Christen längere Zeit nach diesem ihren ärgsten Verfolger, bis in der ersten Hälfte des 6. Jahrhunderts unserer Aera der italienische Abt Dionysius Exiguus vorschlug, die Jahre von der Menschwerdung Christi an zu zählen, die er auf das Jahr 754 der Stadt Rom setzte, ein Vorschlag, der nach und nach über die ganze Christenheit sich verbreitete, wenn auch jetzt noch die Sitte existirt, gelegentlich nach Regierungsjahren zu zählen, wie man bei Erlassen von Monarchen sehen kann.

Was das Jahr anbelangt, in welchem Christus nach Dionysius geboren wurde, so ist es aller Wahrscheinlichkeit nach uns zu nahe, oder wenn ich hier die gewöhnlich übliche Redeweise anwenden darf, die Geburt Christi fällt einige Jahre vor Christi Geburt (vor Beginn unserer Zeitrechnung). So sagt der Evangelist Lucas im 3. Capitel, Christus sei 30 Jahr alt von Johannes getauft worden, der sein Täuferamt im 15. Regierungsjahre des Tiberius angetreten hatte. Dieses Jahr war das Jahr 781 d. St. und Christus wurde daher höchstens im Jahre 751 und nicht 754 geboren. Allerdings ist die Jahreszahl der Stadt Rom auch unsicher, allein hier handelt es sich zunächst darum, daß man nicht bestimmen kann, in welches Regierungsjahr des Augustus die Geburt Christi fällt und wie viele Jahre

bis jetzt seit diesem Ereignisse verflossen sind. Bekanntlich war Herodes Veranlasser des bethlehemitischen Kindermordes, nach dem Geschichtsschreiber Josephus ist dieser aber im Jahre 750 der Stadt Rom gestorben. Der Census, um dessentwillen Joseph und Maria nach Bethlehem kamen, deutet auf das Jahr 747 und ebenso der Stern der Weisen, den sich die Chronologen aus einem (scheinbaren) Zusammentritte der Planeten Jupiter und Saturn erklären. Gelten diese Sätze, so ist Christus nicht im December 754, sondern zwischen Mai und November 747 d. St. geboren, und unsere Jahreszahl, sollte um 7 größer sein. Mädler setzt die Geburt Christi auf 2—3 Jahre vor unserer Zeitrechnung und in den Anfang des Septembers.

Der Anfang der türkischen Zeitrechnung ist genau bekannt; er datirt von der Flucht Muhamed's von Mekka nach Medinah (16. Juli 622 unserer Zeitrechnung).

Fast eben so verschieden, als der Ausgangspunkt der ganzen Zeitrechnung war bei den verschiedenen Völkern der Anfang des Jahres genommen.

Bei den alten Juden war der Anfang des Ostermonats zugleich Neujahr, bei den Griechen fiel das Neujahr in die Zeit der Sommersonnenwende, je nach der Dauer des Jahres das eine Mal früher das andere Mal in den Juli. Die jetzigen Juden haben ihren Jahresanfang zwischen dem 6. Sept. und 7. Oct. des gregorianischen Kalenders. Bei den Türken kommt, wie schon erwähnt, das Neujahr in allen Jahreszeiten herum. Die Römer hatten ihren Jahresanfang zwar zu verschiedenen Zeiten, doch in der älteren Periode meistens am 1. März. Am Neujahr wurden die Magistratspersonen gewählt und ein neuer Consul zog ins Feld. Als später die Grenzen des Reiches sich mehr und mehr von der Hauptstadt entfernten, verlor man bis der Consul zu der Armee kam zu viel zum Kriege geeignete Zeit und der Jahresanfang wurde daher auf den 1. Januar zurückverlegt. Doch war dieses nur das politische Jahr, das Kirchenneujahr blieb nach wie vor der 1. März.

Die Christen der ältesten Zeit feierten ihr Neujahr je nach ihrem früheren Glauben verschieden. Die Judenchristen hatten es im April, die Heidenchristen am 1. März. Einige

Zeit hindurch war Neujahr bald zu Weihnachten, am Feste der Beschneidung Christi (1. Jan.) oder an Mariä Verkündigung (25. März). Letztere Rechnung erhielt sich in Pisa und Florenz bis zum Jahre 1749; aber die Pisaner zählten ein Jahr mehr als die Florentiner. Daß endlich der erste Januar als Jahresanfang den Sieg davon trug, ist vorzugsweise dem Papste Innocenz XII., der 1691 die Regierung antrat, zuzuschreiben. Seit dieser Zeit sind die übrigen Jahranfänge nach und nach verschwunden, doch sind auch jetzt noch in verschiedenen Staaten verschiedene politische Neujahre, sogenannte Etatsjahre.

Die Monate beginnen, wo sie nicht eine durchaus künstliche Eintheilung sind, wie bei uns, wo sie also von dem Laufe des Mondes abhängen, stets mit dem Neumonde. Sie werden im Laufe des Jahres nicht nach der Zahl angegeben, sondern führen in allen Zeitrechnungen jeder seinen eigenen Namen.

Der Beginn des Tages als Gesammtbenennung für die Zeit, welche eine ganze Umdrehung der Erde umfaßt, ist verschieden. Im Allgemeinen beginnen diejenigen Völker, die in ihrer übrigen Zeit sich nach dem Monde richten, wo der Neumond Monatsanfang ist, am Abende; sie beginnen mit Sonnenuntergang den neuen Tag. So machen es die Türken und die Juden. Bei uns beginnt der neue Tag um Mitternacht.

Die Tage im Monate werden bei uns in der Weise bestimmt, daß man angiebt, der wievielte Tag eines Monats ein gegebener sei. Die alten Römer hatten im Monate 3 Termine, die Kalendä*) (jedesmal am ersten), die Nonä (im März, Mai, Juli und October am 7., in den übrigen am 5.), die Idus (in den ebengenannten Monaten am 15., in den übrigen am 13.) und bestimmten den einzelnen Tag dadurch, daß sie angaben, wie viele Tage bis zu den nächsten Kalendä, Nonä oder Idus, diese mitgezählt, noch verfließen müssen. Um z. B. den 23. Jan. zu bestimmen hatte man außer diesem noch 8 Tage im Januar, dazu der 23. Jan. und 1. Febr. giebt X. Kal. Febr.

*) Hiervon kommt das Wort Kalender. Die Griechen hatten keine Kalendae, woher auch die Redensart: Etwas ad kalendas Graecas, d. h. auf Sct. Nimmerstag verweisen.

Fünfter Brief.

Die Zeitmessung.

b. Die künstlichen Zeiteinheiten.

Die künstlichen Zeiteinheiten sind sämmtlich entweder ein genaues Vielfaches des Tages oder ein Bruchtheil desselben. Die einzige Periode der ersteren Art ist die Woche. Sie findet sich bei den verschiedensten Völkern, doch ist ihre Dauer nicht allemal dieselbe. Die alten Athener scheinen eine zehntägige Periode gehabt zu haben. Die Römer hatten eine achttägige. An sieben auf einander folgenden Tagen wurde in alten Zeiten das Feld bebaut, am achten wanderte man in die Stadt, theils um Handel zu treiben, theils um sich nach dem Stande der Staatsangelegenheiten zu erkundigen.

Unsere Woche ist erst mit dem Christenthum ins Abendland gekommen; ihr mußte der achttägige Cyclus unter Constantin weichen, doch ist sie im Oriente schon seit undenklichen Zeiten vorhanden und wahrscheinlich ein Gemeingut sämmtlicher semitischen Völkerschaften. Moses hat zwar die Feier des Sabbaths angeordnet, aber die Wocheneintheilung zweifelsohne schon vorgefunden, denn er spricht von ihr nicht als von einer neuen Sache, sondern giebt die Sabbathfeier als von Gott selbst unmittelbar nach der Schöpfung eingesetzt an.

Gehen wir zu denjenigen Zeiteinheiten über, welche Bruchtheile des Tages sind, so begegnen wir zuerst den Stunden.

Die Eintheilung des Tages in 24 Stunden ist schon sehr alt, denn sie war bereits den Babyloniern bekannt, von denen sie auf die Griechen und dann auf die Römer überging. Man zählt entweder in 2 Absätzen bis 12 oder von Tagesbeginn an auf 24, doch unterschied sich die frühere Eintheilung von der unsrigen darin, daß man in der Regel die helle Zeit, d. i. den Tag, und die Nacht für sich in je 12 Stunden theilte, so daß die einzelnen Theile in den verschiedenen Jahreszeiten verschiedene Dauer hatten. So machen es noch jetzt die Türken, doch hat diese Einrichtung die Un=

bequemlichkeit, daß keine Uhren dazu passen; denn diese müssen täglich gestellt werden, wenn sie der Sonne folgen sollen. Auch die Italiener hatten bis vor sehr kurzer Zeit eine eigenthümliche Einrichtung. Vom Anbruche der Nacht an wurden die Stunden bis 24 gezählt, eine halbe Stunde nach Sonnenuntergang schlug es 24. Dadurch mußte der Mittag bei zunehmender Tageslänge auf immer frühere, bei abnehmender auf immer spätere Stunden fallen.

Bei uns rechnet man bekanntlich von Mitternacht und Mittag an je 12 gleiche Stunden. Der Sterntag wird in 24 gleiche Stunden getheilt. Letzterer ist die Grundlage der astronomischen Zeitbestimmung, weil er durchaus gleich lange dauert, was, wie ich bereits in dem vorhergehenden Briefe bemerkt habe, bei dem Sonnentage nicht der Fall ist.

Die Stunden (ʰ) theilt man in 60 Minuten (′) und durch fortgesetzte Division mit 60 erhält man die Secunden (″) und die Tertien (‴).*)

Bedenkt man den Gang, den die Kunst, die Tagesabschnitte zu bestimmen, genommen haben muß, so ist die naturgemäßeste Annahme die, daß in den ältesten Zeiten schon die Menschen auf die 2 entscheidendsten Momente, den Aufgang und Untergang der Sonne, also Morgen und Abend, aufmerksam werden mußten. Ohne allen Zweifel später folgte die Beobachtung, daß die Sonne bei ihrem täglichen Laufe einen Bogen beschreibt, dessen größte Höhe sie erreicht, wenn die erste Hälfte des Bogens zurückgelegt ist, was in der Mittagszeit geschieht, der dann noch später die Mitternacht entgegengesetzt wurde. Darauf folgte die Eintheilung in Stunden.

Die Bestimmung der Stunden wurde im Anfange aus den jeweiligen Stellungen der Sonne bei Tage, aus der der übrigen Gestirne bei Nacht abgeleitet. Die Beobachtung, daß der Schatten eines Körpers von gegebener Länge um so kleiner ist, je höher das leuchtende Gestirn am Himmel steht, führte zur Errichtung des Gnomons, einer Säule oder dergleichen,

---

*) Die Franzosen theilten, so lange ihr Kalender dauerte, die Stunde in 100 Minuten und diese in 100 Secunden, deren Benennungen zum Unterschiede von den gewöhnlichen das Wort Centesimal vorausgesetzt wurde.

deren Schatten gemessen wurde. Wir begegnen diesem Maaße in den Werken der alten Griechen sehr häufig. So bestimmte Lucian als die Zeit zum Waschen diejenige, in welcher der Schatten eine Länge von 6 Fuß hat. Aristophanes läßt in einer seiner Komödien die Praxagora, eine politische Kannegießerin, auftreten und ihren Mann, Blepyros, auf die Frage, wer denn in der neu ausgedachten Staatsverfassung und Gemeinschaft aller Güter die Landwirthschaft besorgen solle, die Antwort geben: „Die Sclaven; Du aber brauchst nur zu sorgen, wie Du, wenn der Schatten 10 Fuß lang ist, wohlgesalbet zum Abendessen gehen willst." Nach Kästner war hier der schattenwerfende Körper einen Fuß lang. Für Athen würde unter dieser Annahme im Mittel die Zeit des Abendessens um 5 Uhr 31 Minuten, die der vorhergehenden Waschung um 5 Uhr 2 Minuten gewesen sein. Theodorus schreibt dem Theophilus: „Du mußt die Stunden aus Deinem Schatten abnehmen, indem Du die Länge desselben mit den Füßen ausmissest, einen vor den andern hinsetzend bis zu der Stelle, wohin bei verticaler Richtung Deines Körpers der Schatten Deines Scheitels fällt."*)

Um sich in der Zeitrechnung zurecht zu finden, waren in den Städten der Alten an verschiedenen Orten Stäbe oder Säulen (Gnomone) errichtet, deren Schatten gemessen wurde, und die alten Römer brachten einen Obelisken aus Theben, der für sie die Stelle einer Stadtuhr vertrat.

In der Nacht richtete man sich vorzugsweise nach den Sternen. Eine andere Uhr war der Hahn, dessen Krähen als Signal diente. Darum sagt auch Christus zu Petrus: „Ehe der Hahn zweimal gekräht hat, wirst Du mich dreimal verleugnet haben."

Einen weiteren Fortschritt in der Zeitbestimmung machte man durch Berücksichtigung nicht nur der Schattenlänge, son-

*) In ähnlicher Weise wird in einigen Gegenden Süddeutschlands die Zeit von den Hirten auf dem Felde bestimmt. Sie merken sich in der Ebene die Stelle, wohin der Schatten ihres Scheitels fällt, und gehen dann mit gewöhnlichen Schritten darauf zu. So viele Schritte, so viele Stunden vor oder nach Mittag. Diese Uhr gilt zwar nur im Sommer und vor 6 Uhr Abends; aber zu anderen Zeiten haben die Hirten im Felde nichts zu thun.

dern auch der Richtung des Schattens, was zunächst auf die Sonnenuhr führte. Diese hatte jedoch bei den Alten eine andere Einrichtung als bei uns, weil damals die helle Zeit und die Nacht in je 12, im Laufe des Jahres veränderliche Stunden getheilt waren, auch stand der schattenwerfende Stift senkrecht, während derselbe bei uns der Drehungsaxe der Erde parallel läuft. Rom erhielt eine solche Sonnenuhr erst etwa 260 v. Chr., zu welcher Zeit der Consul M. Valerius Massala dieselbe aus Catina (dem heutigen Catania) mitbrachte und sie neben der Rednerbühne aufstellen ließ. Da Catania 4½ Grad südlicher liegt als Rom, ging diese Uhr an letzterem Orte falsch, doch richteten sich die Römer 90 Jahre lang danach, bis der Censor Q. Marcius Philippus eine bessere herstellte. In späterer Zeit hatten auch Privatleute Sonnenuhren und ließen sich durch eigene Bediente von Zeit zu Zeit die Stunden melden, oder des größeren Effectes wegen durch die Trompete verkünden.

Neben den Gnomonen und Sonnenuhren finden wir, wenn auch nicht so verbreitet, doch schon ins hohe Alterthum zurückreichend, die Wasseruhr (Klepsydra). Hat man nämlich ein Gefäß mit Wasser und läßt man letzteres durch einen Hahn ablaufen, so strömt, vorausgesetzt, daß dafür gesorgt ist, daß durch steten Zufluß das Wasser des Reservoirs immer gleich hoch steht, in gleichen Zeiten gleich viel Wasser ab. Es gibt verschiedene Einrichtungen, wodurch dieser Zweck erfüllt wird. Das Reservoir habe z. B. zwei Oeffnungen, eine unten, eine oben, in dasselbe ströme Wasser aus einem andern Gefäße, und zwar mehr, als durch das untere Loch heraus kann. Ist das Reservoir zuerst leer, so wird es sich nach und nach bis zur oberen Oeffnung füllen und, vorausgesetzt, daß diese groß genug ist, den Ueberschuß abzuleiten, wird das Wasser dann nicht höher steigen. Beobachtet man nun in einem vor die untere Oeffnung gehaltenen Gefäße die Menge des aus dieser ausgeflossenen Wassers, so ist es leicht, die Zeit dazu zu bestimmen, denn noch einmal so viel Wasser erfordert noch einmal so viel Zeit als die einfache Quantität. Denken Sie sich einen unserer Brunnentröge, der außer der gewöhnlichen oberen unten eine kleine Oeffnung hat, durch welche weniger Wasser abfließt als

durch die Röhre einströmt, und dann ein Gefäß vor diese Oeffnung gesetzt, in welchem das Wasser gemessen wird, so ist die Einrichtung fertig. Man bestimmt den Wasserreichthum eines Brunnens aus der Menge von Wasser, die er in einer gegebenen Zeit, etwa in einer Stunde liefert. Umgekehrt kann man aus der Wassermenge die Zeit finden.

Das vor die Oeffnung gestellte Gefäß sei ein Cylinder. Alsdann wird das Wasser in gleicher Zeit um gleich viel steigen. Befindet sich nun in dem Cylinder ein Schwimmer, so steigt dieser mit der Oberfläche des Wassers. Der Schwimmer sei noch mit einer Schnur versehen, die sich um eine Rolle schlingt, und am andern Ende der Schnur sei ein Gewicht, das zwar leichter als der Schwimmer doch hinreicht, die Schnur gespannt zu erhalten. Hat man diese Einrichtung getroffen, so wird, wenn der Schwimmer steigt das Gewicht sinken und die Rolle, um welche die Schnur geht, sich drehen, wie die Walze, um welche bei unsern Gewichtuhren die Uhrschnur gewunden ist, es macht, wenn das schwerere Gewicht sinkt, das leichtere steigt. Auf diese Art kann man aus der Drehung der Rolle die verflossene Zeit bestimmen und es ist nun Aufgabe des Mechanikers, durch Räderwerk die Sache weiter zu verfolgen. So entstand die Räderuhr.

Begreiflicher Weise waren die ersten Räderuhren einfach und wurden erst nach und nach complicirter. Berühmt ist diejenige Uhr, welche der Kalif Harun-al-Raschid Karl dem Großen zum Geschenke machte und die i. J. 807 zu Aix-la-Chapelle (Aachen) übergeben wurde. Eben so viele kupferne Kugeln, als Stunden des Tages da waren, fielen auf ein unterhalb angebrachtes Becken und deuteten so die Stunden durch einen Klang an. Man konnte aber durch dieses Schlagwerk nur wahrnehmen, daß eine Stunde um war, denn bei jeder Stunde fiel nur eine Kugel auf das Becken. Es öffneten sich nach und nach 12 Thüren, in jeder Stunde eine, aus welchen eben so viele Reiter hervorkamen, die Thüren offen stehen ließen und sie erst mit ihren Spießen zustießen, wenn die zwölfte Stunde vorbei war. Außerdem soll diese Uhr noch viele andre Figuren in Bewegung gesetzt haben.

Die Anwendung des Wassers bei den Uhren hat allerlei

Unbequemlichkeiten und wenn es auch nur die wäre, daß man stets für gehörigen Vorrath sorgen muß. Es handelte sich nun darum das Wasser zu ersetzen. Man nahm Sand, weil dieser nicht verdunstet, und construirte die Sanduhren; doch ließen diese keinen so hohen Grad von Ausbildung zu, als eine bekannte Naturkraft, die Schwerewirkung der Körper. Nehmen wir an, der Schwimmer der Wasseruhr sei leichter als das ihm gegenüberstehende Gewicht, so wird das letztere durch sein Sinken die Rolle drehen. Wäre die Bewegung eines fallenden Körpers gleichförmig, so könnte man das Wasser ganz entbehren; aber ein fallender Körper läuft mit wachsender Zeit immer schneller und dasselbe wäre auch mit der Uhr der Fall. Bei den Gewichtuhren muß diese wachsende Geschwindigkeit in der Weise regulirt werden, daß der jeweilige Zuwachs durch irgend ein Hinderniß immer wieder weggenommen wird, indem dasselbe von dem Zahne des letzten Rades fortgestoßen wird, aber immer wiederkehrt, so oft es entfernt wurde, und dieses wird durch die Hemmung erreicht. Die Alten kannten die Hemmung nicht, und darum hatten sie auch keine Gewichtuhren. Man weiß nicht genau, wer zuerst auf den glücklichen Gedanken der Hemmung kam, doch nimmt man häufig an, es sei dieses der Benedictinerabt G e r b e r t gewesen, der im Jahre 999 als S y l v e s t e r II. den päpstlichen Thron bestieg.

Die alten Hemmungen waren Stäbe, die wie die Unruhe (die Hemmung) unsrer Taschenuhren sich bewegten und an denen sich Gewichte befanden, durch deren Entfernung vom Mittelpunkte die Uhr einen langsameren, durch deren Annäherung sie einen schnelleren Gang erhielt.

Durch die Entdeckung des Pendels machte die Kunst der Zeitmessung einen neuen Schritt vorwärts. Ein Pendel, das in kleinen Bogen hin und her schwingt, führt jede Bewegung in derselben Zeit aus und es ist darum nur nothwendig, die Schwingungen zu zählen und dafür zu sorgen, daß das Pendel, dessen Schwingungen für sich des Widerstandes der Luft wegen endlich aufhören würden, sich weiter bewegt. Das Zählwerk der Pendelschwingungen ist die Uhr, die Wirkung des Uhrgewichtes läßt das Pendel nicht zur Ruhe kommen; dafür aber gibt das Pendel die Hemmung der Uhr ab und verhindert sei-

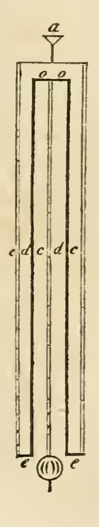
nerseits, daß das Fallen des Gewichtes mit zunehmender Zeit schneller werde.

Die Ersten, welche das Pendel zur Zeitmessung benützten, waren die Araber, doch scheinen sie nur bis zu der Bestimmung von kleineren Zeitintervallen vermittelst directer Zählung der Schwingungen vorgegangen zu sein, und erst aus der Zeit, als Galilei die Gesetze seiner Bewegung untersuchte, was in der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts geschah, datirt die eigentliche Einführung der Pendeluhr, deren erste der Niederländer Huyghens am Anfange des 18. Jahrhunderts construirte.

Etwas früher als die Pendeluhren waren die Taschenuhren bekannt, als deren Erfinder Peter Hele in Nürnberg († 1540) angegeben wird und die zuerst unter dem Namen Nürnberger Eier bekannt waren. Bei ihnen ist die Wirkung des Gewichtes der andern Uhren durch den Druck einer aufgerollten elastischen Stahlfeder ersetzt, welche die ursprüngliche Gestalt wieder einzunehmen strebt.

Die Wärme übt auf Pendeluhren und Federuhren die Wirkung aus, daß ihr Gang langsamer wird, und je nach dem Temperaturwechsel gehen daher sämmtliche Uhren unrichtig. Man muß daher diese Wirkung unschädlich zu machen suchen.

Fig. 8.



Das Pendel ist zusammengesetzt aus einem um seinen Aufhängepunkt drehbaren Stabe, an dessen unterem Ende ein schwerer Körper, die Linse, hängt. Die Entfernung der Linse von dem Aufhängepunkte gibt, vorausgesetzt, daß ihr Gewicht gegen das der Stange bedeutend ist, die Geschwindigkeit der Bewegung. Wird die Pendelstange durch die Erwärmung länger, so entfernt sich die Linse von dem Aufhängepunkte und das Pendel und mit ihm die Uhr geht langsamer. Aus diesem Grunde muß zu genaueren Messungen das sogenannte Compensationspendel benützt werden. Es sei Fig. 8 a der Aufhängepunkt des Pendels, b seine Linse, c seien Stäbe von Eisen, d seien Stäbe von Zink. Dehnt sich bei der Erwärmung das Eisen aus, so werden die Verbindungsstellen e weiter herabkommen; allein alsdann dehnt sich auch das Zink aus, das auf e

steht, und wird die Verbindungsstellen o in die Höhe schieben, worauf die mittlere Stange c die Linse wieder nach abwärts führt. Würden die Zinkstangen allein sich ausdehnen und das Eisen stets dieselbe Länge behalten, so müßte alsdann, weil e stehen bleibt, o gegen a hinrückt, die Entfernung ab kleiner werden und das Pendel schneller schwingen; wäre umgekehrt das Eisen allein ausdehnbar, so würde das Pendel länger. Würden beide Metalle bei gleicher Erwärmung sich gleich viel ausdehnen, so würde das Pendel länger, weil die Eisenstangen zweimal wirken (einmal die 2 äußeren und einmal die innere); es dehnt sich aber das Zink bei halber Länge soviel aus als das Eisen bei ganzer, und so ist das Resultat, daß die beiden Wirkungen sich aufheben.

Bei den Taschenuhren wird die Compensation der Wärmewirkung auf die Unruhe ebenfalls durch zweckmäßige Benützung von zweierlei Metallen erzielt. Mit Compensationspendeluhren läßt sich die Zeit sehr genau bestimmen; bei den Federuhren wirkt aber außerdem noch die Wärme auf die an der Unruhe befindliche Spiralfeder und auf die Elasticität der treibenden Feder, welche selbst nicht immer gleich stark drückt, je nachdem sie mehr oder weniger aufgezogen ist, und diese Mannichfaltigkeit von Fehlerquellen, die der Pendeluhr abgeht, hat lange Zeit hindurch den Werth der Federuhren weit unter den der Gewichtuhren gedrückt, ja man bedient sich für Zeitbestimmungen auf dem festen Lande noch jetzt vorzugsweise der letzteren. Dafür können auf dem schwankenden Schiffe die Pendeluhren nicht gebraucht werden, und weil die genaue Kenntniß der Zeit, wie ich in dem nächsten Briefe zeigen werde, zu der Auffindung der geogr. Länge unumgänglich nothwendig ist, wurde im vorigen Jahrhundert auf die Verbesserung der Federuhren die größte Sorgfalt gewendet, wozu namentlich die großen von dem englischen Parlamente ausgesetzten Preise viel beitrugen. Die Mühe hat sich auch gelohnt.

Die Bestimmung der Zeit für einen gegebenen Ort beruht auf Beobachtung der Sonne oder eines Fixsternes. Die Gestirne gehen im Osten auf, im Westen unter und beschreiben in ihrem Laufe täglich einen Bogen, dessen größte Entfernung von dem Horizonte (größte Höhe) dort ist, wo er den Me-

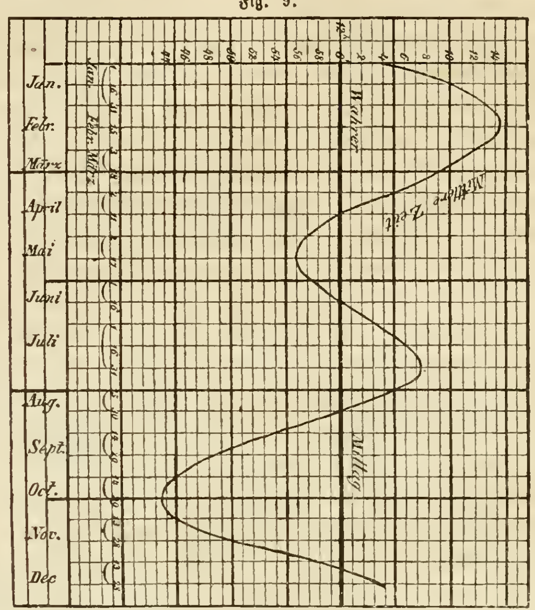
ridian schneidet. In gleichen Entfernungen von dem Meridian ist die Höhe gleich. Bleiben wir bei der Bestimmung des Sonnentages stehen, so ist nothwendig, den Zeitpunkt zu suchen, wann der Sonnenmittelpunkt durch den Meridian geht, denn in diesem Augenblicke ist der (wahre) Mittag. Ist die Mittags- oder Meridianrichtung nicht festgestellt, so braucht man nur zu notiren, wann die Sonne am Vormittage eine gewisse Höhe erreicht, und zu warten, bis sie Nachmittags wieder so weit hinabgestiegen ist, denn in der Hälfte der verflossenen Zeit liegt der Mittag. Gesetzt eine Uhr zeige bei der beobachteten Höhe Vormittags 11 Uhr und Nachmittags 3 Uhr, so ist, weil die Differenz 4 Stunden beträgt, 2 Stunden nach der ersten Beobachtung Mittag gewesen und die Uhr geht um 1 Stunde zu früh.

Die Zeit von einem Sonnenmittage zum andern ist aus den bereits angeführten Gründen nicht immer gleich, sie beträgt bald mehr bald weniger als 24 Stunden, wenn man diesen durchaus gleiche Dauer gibt, und soll der Uhrenmittag stets mit dem wahren zusammenfallen, so müssen die Stunden im Laufe des Jahres schwanken; da aber eine solche Uhr zu construiren unmöglich ist, geben alle diese Instrumente nur die mittlere Zeit, d. h. diejenige, welche wäre, wenn die Erde in einem Kreise um die Sonne ginge und die Ebene des Aequators und der Ekliptik eine und dieselbe wären. Alle Räderuhren gehen daher nur am 14. April und Juni, 31. August und 23. December richtig, die ganze übrige Zeit falsch, und stimmen außer den genannten Tagen nicht mit der die wahre Zeit angebenden Sonnenuhr. Nachstehende Zeichnung (Fig. 9) soll Ihnen eine Darstellung dieses Verhältnisses geben. Wenn es in der Mitte des Februar auf der Sonnenuhr 12 Uhr ist (wahrer Mittag), so muß die Räderuhr 12^h 14′ 34″ zeigen (mittlere Zeit); am Anfange des November dagegen entspricht dem wahren Mittag 11^h 43′ 14″ u. s. w.

Bei Zeitbestimmungen kommt es zunächst darauf an, daß man genau weiß, wieviel die Uhr zeigt, wenn eine gegebene Erscheinung eintritt. Der Beobachter sieht durch das Fernrohr und hört neben sich die Uhr, deren Pendel so laut geht, daß man jeden Ausschlag hört, worauf er notirt, zu welcher Zeit das Ereigniß eingetreten ist. Auf diese Weise sind 2 Sinne

beschäftigt und hierin liegt eine Ungenauigkeit, denn die Erscheinungen, welche das Ohr vermittelt, kommen nicht so schnell

Fig. 9.

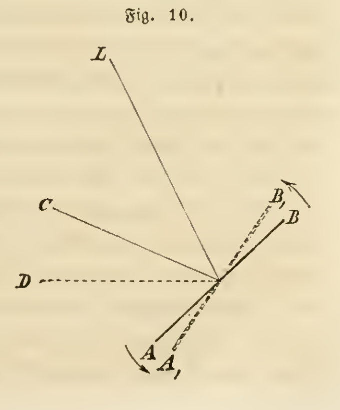


zum Bewußtsein, als die, welche das Auge gibt, woraus eine Differenz entsteht, die bei verschiedenen Personen verschieden ist, ja selbst bei einem und demselben Menschen je nach vorausgegangenen Anstrengungen, Aufregungen u. dgl. wechseln kann. Gesetzt 2 Beobachter nebeneinander sehen dasselbe Phänomen zu gleicher Zeit und beide hören neben sich dieselbe Uhr, so sollte man meinen, beide müßten dieselbe Zeit notiren, das ist aber nicht der Fall, denn der eine kann den zum Ereigniß gehörenden Pendelschlag früher vernehmen, der andere später, und so wird der eine die Erscheinung auf einen früheren Moment notiren als der andere. Es wäre nun gut, wenn man die Beobachter förmlich gegen einander abaichen würde, doch wäre auch da nur theilweise abgeholfen, da die Differenz zwischen den Wahrnehmungen durch den Gesichts- und Gehörsinn bei demselben Menschen nicht immer gleich ist. Außer diesem Mißstande hat die angegebene Methode noch den zweiten, daß sie an und für sich eine große Genauigkeit nicht zuläßt, denn ge-

setzt, eine Erscheinung trete in der Zeit zwischen 2 Pendelschlägen ein, so läßt sich dabei nur schätzen, wie viel sie näher dem einen oder dem andern liege, und es ist schon gut, wenn die Bestimmung nur auf Zehntheile einer Secunde genau wird. Aus diesem Grunde hat man in neuerer Zeit einen Apparat ersonnen, der dem elektrischen Telegraphen analog eingerichtet ist. Unter einem Metallstifte bewegt sich eine mit Ruß geschwärzte Fläche, die im Ruhezustande von dem Stifte nicht berührt wird; sowie man aber auf eine Taste oder dergl. drückt, bewegt sich der Stift auf die Fläche und verzeichnet einen Punkt. Wenn man nun durch das Fernrohr die erwartete Erscheinung gewahrt, wird auf die Taste gedrückt, und wenn ferner bekannt ist, welche Stellen der Rußfläche am Anfange und am Ende der kritischen Secunde getroffen worden wären, läßt sich aus dem Platze des gezeichneten Punktes bis auf Tausendtheile einer Secunde genau die zugehörige Zeit angeben. Hier ist der Gehörsinn umgangen; doch kommt dabei wieder der Umstand zum Vorschein, daß die Muskeln, welche die Taste niederzudrücken haben, nicht bei jedem Menschen gleich schnell gehorchen, doch scheinen die hier eintretenden Differenzen nicht so groß zu sein, als die vorbemerkten. Es geht daher bei den Zeitbestimmungen wie bei Messungen von Längen; man kann sich der Wahrheit mehr und mehr nähern, sie aber nur zufällig genau treffen und selbst wenn dieses wirklich stattfindet, ist die Bestätigung des Factums unmöglich.

Handelt es sich nur um die Bestimmung sehr kleiner Zeitdifferenzen, soll nämlich nur angegeben werden, wie viel eine Erscheinung hinter der andern komme, ohne daß man zu wissen braucht, zu welcher Stunde oder Secunde dieses geschehen sei, so bedient man sich eines rotirenden Spiegels. Ein Spiegel, der sich in der Stellung AB (Fig. 10) befindet, wird ein Licht L nach C reflectiren, nach D aber, wenn er die Stellung $A_1 B_1$ hat. Der Spiegel rotire nun in

Fig. 10.



der Richtung des Pfeiles und 2 Blitze folgen sich schnell auf einander. Hat der Spiegel bei dem ersten Blitze die Stellung AB gehabt, so sieht man sein Licht nach C reflectirt; bis aber der zweite kommt, hat der Spiegel sich nach $A_1 B_1$ gedreht und diesen zweiten sieht man nur in D. Aus der Entfernung beider Bilder und der bekannten Drehungsgeschwindigkeit des Spiegels läßt sich die Zeitdifferenz finden. Auf diese Weise, die übrigens hier mit Umgehung der näheren Beschreibung der Apparate nur das Princip angeben soll, lassen sich Zeitdifferenzen angeben, die $^1/_{100000}$ einer Secunde nicht einmal erreichen; doch findet man hiebei nur die Zeitdifferenz und man kann nicht eben so genau angeben, in welchem Augenblicke das Phänomen vor sich gegangen sei.

Sechster Brief.

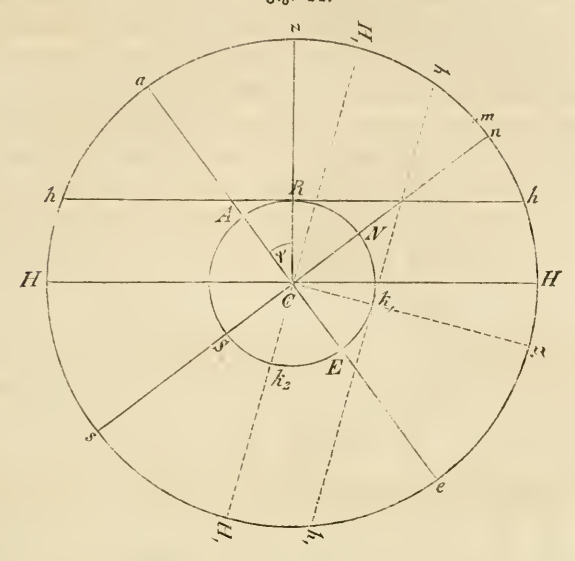
Die Bestimmung der geographischen Breite und Länge.

Der Zweck meines zweiten Briefes war, Ihnen die Möglichkeit zu zeigen, daß man mit Einführung der Breite und Länge die Lage jedes beliebigen Ortes auf einer Kugel (als solche wollen wir die Erde vorerst noch betrachten) bestimmen kann, in den folgenden Briefen haben wir uns um das zur Auffindung der genannten Größen nöthige Material umgesehen und es soll meine nunmehrige Aufgabe sein, Ihnen die Verwendung dieses Materials anzugeben, wie die Winkel ψ und φ der dritten Figur gefunden werden können, obwohl uns der Zutritt zu dem Erdmittelpunkte verweigert ist.

Zur Auffindung der Breite bitte ich Sie, aus der Fig. 3 die Ebene NRAS herausgenommen zu denken und sie mit ihrer Fortsetzung nach hinten, die dort nicht angegeben ist, für sich zu betrachten. Es sei nun der kleine Kreis Fig. 11 diese Ebene und die einzelnen Punkte sollen der Deutlichkeit wegen mit denselben Buchstaben bezeichnet sein, wie in Fig. 3. Außerdem

sehen Sie in Fig. 11 noch einen größeren Kreis, der an der Himmelskugel entsteht, wenn die Ebene des Erdmeridians bis zu dieser ausgedehnt gedacht wird. Befindet sich ein Beobachter

Fig. 11.



in R, so wird sein Zenith nach der von dem Erdmittelpunkte abgewendeten Seite, also nach z hin liegen, während senkrecht auf dieser Richtung, also in hh sein Horizont ist. Die Zeichnung stellt ein Verhältniß der Größen dar, wie es in der Natur nicht stattfindet, da die Erde gegen die Himmelskugel viel zu groß angegeben ist, doch habe ich mich der Deutlichkeit wegen zu dieser Verzerrung genöthigt gesehen. Nehmen Sie an, es sei der die Himmelskugel vorstellende Kreis viel größer, er habe einen Durchmesser von vielen Meilen, der eingeschlossene Kreis dagegen sei so klein, als Sie ihn nur denken können. Je kleiner der innere Kreis wird, um so näher rückt hh an HH und in der Wirklichkeit läßt sich die Lage des ersteren auch so betrachten, als sei sie mit der letzteren vollkommen identisch. Wir wollen HH den *wahren Horizont* des Punktes R zum Unterschied von seinem *scheinbaren* hh nennen. Die Erde dreht sich in 24 Stunden um ihre Axe NS und macht in der Hälfte der Zeit die halbe Rotation, der Punkt R kommt nach

k_1, sein Zenith ist in z_1, sein scheinbarer Horizont ist h_1 h_1, sein wahrer H_1 H_1. Während dieser Zeit hat sich der Anblick des Himmels geändert, denn in der ersten Stellung waren alle Sterne auf dem Bogen H a n H für ihn sichtbar, sie waren ja über seinem (wahren) Horizonte, in der zweiten Stellung sieht er die Sterne H_1 n e H_1, es sind ihm mithin die Sterne H a H_1 unter-, die Sterne H e H_1 aufgegangen, die Sterne H_1 n H dagegen waren immer sichtbar. Wollen Sie, um diesen Umstand klar einzusehen, den Kreis NASE recht klein denken und nie vergessen, daß jeder Stern, dessen Gesichtslinie durch diesen Kreis, der die undurchsichtige Erde vorstellt, führt, nicht gesehen werden kann. Sieht der Beobachter in R einen in n befindlichen Stern, so sieht er ihn nördlich, d. i. gegen N hin und in einer gewissen Entfernung vom Zenithe; beobachtet er ihn von k_1 aus, so findet er ihn wieder in der Richtung gegen Nord (N) und in derselben Entfernung vom Zenithe, denn die Bogen z_1 n und z n sind gleich und die Lage von n ist mithin unverändert geblieben. Ein Stern in m dagegen liegt für R um eben so viel näher am Zenithe als er für k_1 ferner ist, die halbe Summe beider Entfernungen muß daher der Zenithdistanz z n gleich sein, und wir können letztere auch aus den Stellungen eines Sternes finden, der selbst nicht in n steht. Gehen wir jetzt auf die kleine Erde in C über, so gewahrt der Beobachter auf der R entsprechenden Stelle derselben den Punkt, dessen Gesichtslinie sich nicht ändert, in der Richtung C n, welche mit dem Horizonte C H einen Winkel macht, den wir Polhöhe des Ortes R nennen wollen. Die Polhöhe macht mit dem Winkel n C Z 90°, denn der Horizont steht auf der Zenithrichtung senkrecht. Die Linien n C und C a stehen auch senkrecht auf einander, denn die eine repräsentirt die Axe und die andere den Aequator*), es machen daher sowohl die Polhöhe als auch der Winkel ψ (die Breite) zugleich mit dem Winkel n C Z 90 Grade, sie müssen daher unter einander gleich sein, oder die P o l h ö h e e i n e s O r t e s i s t g l e i c h d e r g e o g r a p h i s c h e n B r e i t e. Um daher letztere zu finden, merkt man sich einen Stern m, der in der Meridianebene ist, und bestimmt seine Höhe (Entfernung

*) Fig. 3; die Richtung C N ist dieselbe wie C n, ebenso C A und C a, also sind auch die eingeschlossenen Winkel die nämlichen.

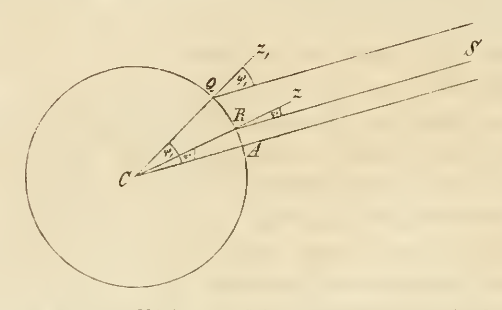
vom Horizonte); nach 12 Stunden bestimmt man sie abermals, dann addirt man die beiden Resultate, dividirt durch 2 und das Resultat ist die geographische Breite. Befände sich der zu bestimmende Ort auf der andern Halbkugel, etwa in k_2, so würde für ihn in Beziehung auf seinen Pol dasselbe gelten, was für R gilt, aber die Breite wäre dann eine südliche statt wie bei R eine nördliche.

Die angegebene Methode der Breitenbestimmung erfordert die Beobachtung eines in der Nähe eines Poles befindlichen Sternes, wenn er im Meridiane sich befindet. Je näher der Beobachtungsort dem Pole liegt, um so mehr nähert sich der Himmelspol n dem Zenithe, und um so leichter wird es dann sein einen Beobachtungsstern auszusuchen, weil die Zahl derer, die nicht untergehen, immer größer wird; befindet sich dagegen der Ort dem Aequator sehr nahe, so steht der Pol fast im Horizonte und wenn Sie für eine dem Punkte A sehr nahe Stelle den Horizont ziehen, so werden Sie finden, daß, wenn die Erde sich halb umgedreht hat, der Stern m nicht mehr sichtbar ist. Beschränkt sich daher hier die Zahl der Beobachtungssterne schon bedeutend, so werden die Bestimmungen auch darum unsicherer, weil alle Gegenstände wegen der Strahlenbrechung der Luft, mit der Sie schon Herr Cotta bekannt gemacht hat, an andern Stellen gesehen werden, als sie wirklich sind. Es ist darum namentlich für die Aequatorialgegenden nothwendig, daß wir noch eine andere Methode der Breitenbestimmung haben, die von der Beobachtung der in der Nähe des Pols befindlichen Sterne unabhängig ist.

Erlauben Sie mir, ehe ich auf diese zweite Methode näher eingehe, Sie daran zu erinnern, daß die Fixsterne von uns so weit entfernt sind, daß die Größe der Erde gegen ihren Abstand vollkommen verschwindet. Wir mögen auf 2 von einander noch so entfernten, aber auf der Erde befindlichen Punkten nach irgend einem Sterne sehen, so sind die Linien, die wir von uns zum Sterne gezogen denken, durchaus parallel, wenn ihre Abweichungen von den jeweiligen Zenithen auch noch so verschieden sind, und diese Richtungen sind genau dieselben, die wir erhalten würden, wenn es uns vergönnt wäre, den Erdmittelpunkt als Beobachtungspunkt zu wählen, und von da aus den Stern

zu betrachten. Gesetzt wir sehen von Q (Fig. 12) aus einen Stern im Meridiane in der Richtung QS, so würde ein anderer Beobachter in R denselben Stern, sowie er in seinem Meridiane

Fig. 12.



ist, in der parallelen Richtung sehen, und der gleiche Fall würde für einen Beobachter im Mittelpunkte der Erde in C stattfinden. Das Zenith von R ist aber in z, für Q in z_1, und die Zenithdistanz des Sternes ist für R der Winkel ψ, für Q der Winkel ψ_1. Denken wir uns die Linien z_1 Q und z R verlängert, so schneiden sie sich in C, und weil parallele Linien von einer und derselben Geraden unter gleichen Winkeln geschnitten werden, sind die Winkel ψ_1 und die Winkel ψ je einander gleich. Für den Fall, daß die Gerade CS die Erde im Aequator schnitte, wäre der Winkel ψ die Breite von R, der Winkel ψ_1 die von Q und die Differenz beider wäre der Unterschied der Breite beider Orte; da aber die Winkel ψ und ψ_1 auch zugleich die Zenithdistanzen des Sternes angeben, so geben diese die Breitendifferenz.

An den verschiedenen Sternwarten ist die jeweilige Breite aufs Genaueste bekannt, und ebenso weiß man von einer großen Anzahl von Sternen, wie weit sie, wenn sie im Meridian stehen, vom Zenithe entfernt sind. Gesetzt ein Stern stehe in Paris 30° südlich vom Zenithe, an einem andern Orte, etwa in Rom, nur 23° 3′ 3″, so ist die Differenz der Zenithdistanzen, also auch der Breiten 6° 56′ 57″ und da Paris die Breite 48° 50′ 49″ hat, ist letztere für Rom 41° 53′ 52″. Würde man den Stern in Paris statt 30° südlich um eben so viel nördlich vom Zenithe sehen, so wäre seine Zenithdistanz in Rom 36° 56′ 57″.

Haben wir im Vorhergehenden die *geogr. Breite eines Ortes* bestimmt, so bleibt uns noch die Angabe zu machen übrig, *in welchem Meridiane er liege.*

Zu diesem Zwecke bitte ich Sie aus der Fig. 3 die Ebene RQC_1 herauszunehmen und in Fig. 13 für sich gesondert zu betrachten, in der die einzelnen entsprechenden Punkte mit den gleichen Buchstaben bezeichnet sind.

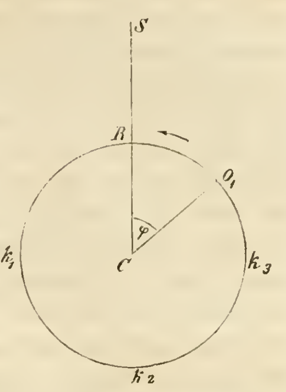


Fig. 13.

Gesetzt, es befinde sich in der verlängerten Richtung RS die Sonne, so hat für diesen Fall der Punkt R Mittag, k_1 hat 6 Uhr Abends, k_2 Mitternacht und k_3 6 Uhr Morgens, denn da die Erde in 24 Stunden sich in der Richtung des Pfeiles um C_1 herumdreht, macht sie in 6 Stunden ein Viertheil der Rotation und der Punkt k_3 wird alsdann da sein, wo in der Figur R ist, dagegen wird k_3 durch k_2, k_2 durch k_1 und k_1 durch R ersetzt sein. Nach abermals 6 Stunden hat k_2 Mittag, R Mitternacht u. s. w. Die Längendifferenz von R und k_3, d. i. der Winkel $RC_1 k_3$, beträgt 90°, die Differenz der Mittagszeiten ist für die beiden Orte 6 Stunden; es entspricht daher einer Stunde Zeitdifferenz ein Längenunterschied von 15 Graden, einer Zeitminute entsprechen 15 Bogenminuten, einer Zeitsecunde 15 Bogensecunden. Weiß man nun aus der Beobachtung, daß Q 2 Stunden später Mittag hat als R, so liegt es 30 Grade westlich von R oder umgekehrt es liegt R 30 Grade östlich von Q, weil es 2 Stunden früher Mittag hat. Sie werden im Kosmos öfters die Angabe finden, daß diese oder jene 2 Orte so und so viele Stunden aus einander seien; multipliciren Sie die Stundenzahl mit 15, so erhalten Sie die Längendifferenz in Graden. Geht ein Reisender von R aus nach k_1, so hat er dort angelangt 6 Stunden früher Mittag als er an seinem Ausgangspunkte haben würde, kommt er nach k_2, so ist er um 12 und kommt er wieder nach R, so ist er um 24 Stunden voraus, hat also um einen ganzen Tag mehr. Umgekehrt würde er, wenn er eine Reise um die Erde in der Richtung $Rk_3k_2k_1$ machen würde einen ganzen Tag zurückbleiben. Begegnen sich 2 Reisende auf dem halben Wege in k_2, so sind

sie im Datum einen Tag aus einander. Als im 16. und 17. Jahrhundert die europäischen Seefahrer ihre großen Entdeckungsreisen machten und im großen Ocean Niederlassungen gründeten, brachten sie das europäische Datum mit, und durch diesen Ocean läuft heutzutage eine Zickzacklinie, welche oft sehr nahe gelegene Orte scheidet, die darum ein verschiedenes Datum haben, weil die ersten Besucher bald aus Osten, bald aus Westen kamen.

Sie sehen, daß das Princip der Längenbestimmung ein sehr einfaches ist; um so schwieriger war dagegen lange Zeit die praktische Ausführung. Aus dem Stande der Sonne oder der Sterne läßt sich allerdings, wie ich Ihnen im vorigen Briefe gezeigt habe, die Mittagszeit leicht bestimmen; allein wer sagt, in dem fernen Lande oder auf hoher See, welche Stunde gleichzeitig an einem andern Orte, etwa in Paris sei? Gegenwärtig hat man freilich gute Uhren, aber das Chronometer ist noch gar nicht alt.

Solange die ganze bekannte Erde fast nur die Küsten des mittelländischen Meeres umfaßte und beinahe die ganze Schifffahrt sich nur auf dieses Becken beschränkte, wurde der Mangel guter Uhren nicht sehr schwer gefühlt, denn die Schiffe tappten in der Nähe des Gestades hin, und wenn sie ja einmal verschlagen wurden, waren sie sicher, irgendwohin zu kommen, wo sie sich erkundigen konnten, wo sie seien. Als aber der Ocean die Straße der Schiffe werden sollte, zeigte sich alsbald die Schwierigkeit des Gegenstandes.

Zuerst suchte man sich durch die Bewegung des Mondes zu helfen. Sie wissen, daß man seit langer Zeit im Stande ist, den Eintritt von Sonnen- und Mondfinsternissen vorauszubestimmen. Wußte nun ein Seefahrer, der zu einer bestimmten Tageszeit eine solche Finsterniß beobachtete, daß dieselbe in einer vorausberechneten andern an einer europäischen Sternwarte eintrete, so konnte er daraus die Zeit- und sohin auch die Längendifferenz finden. Allein unglücklicher Weise gibt es in einem Jahre höchstens 7 Finsternisse und auch diese sind nie auf der ganzen Erde sichtbar. Man sah sich daher genöthigt seine Beobachtungen auch auf Sternbedeckungen durch den Mond u. s. w. auszudehnen. Aber Mondsbeobachtungen kann man nicht jeden Tag machen. Unter allen Planeten und Trabanten ist keiner,

dessen Lauf vermöge der Störungen soviel Unregelmäßigkeiten bietet, dessen Bahn so schwierig zu berechnen ist, als der Mond, und die Mondstabellen ließen daher im 16. und 17. Jahrh. sehr viel zu wünschen übrig. Hiezu kommt noch, daß der Mond nicht so weit von der Erde entfernt ist, daß man die Größe der Erde vernachlässigen könnte, wie dieses bei den Fixsternen geschieht. Man sieht darum von weit von einander entfernten Punkten der Erde aus den Mond in etwas verschiedenen Richtungen; wie viel aber die Richtungen abweichen mußten, konnte man damals nicht bestimmen, weil man die Größe der Erde nicht kannte. Dieses wie auch die Strahlenbrechung der Luft mußte, wie Sie sehen, die Beobachtungen sehr ungenau machen.

Es ist nicht genügend die Länge des Ortes, an welchem ein Schiff sich befindet, annähernd zu kennen; man muß sie genau finden, weil man sonst nie weiß, wie weit das nächste Land entfernt ist, und wie viele Schiffe sind wohl schon aus dieser Ursache an der Küste zu Grunde gegangen! Dieser Mißstand veranlaßte daher den König Philipp II. von Spanien einen Preis von 100000 Thalern, die Regierung der Niederlande einen Preis von 30000 fl. dem glücklichen Entdecker einer Methode zu verheißen, mit deren Hülfe man die Längen bestimmen könnte. Diese lockenden Prämien fanden wohl viele Liebhaber; doch wurden sie nicht erworben.

Da der Mond nicht genügte, nahm man zu dem Magnetismus seine Zuflucht und suchte aus der Stellung der Magnetnadel die Längen abzuleiten. Ich behalte mir vor, diese Methode bei Besprechung des Magnetismus als dorthin besser passend näher zu erörtern und will hier nur anführen, daß sie nicht genügte.

Einen großen Fortschritt machte die Längenbestimmung durch die Entdeckung der Jupiterstrabanten, welche Simon Marius im Dec. 1610 gemacht haben soll. Ebenso wie die Erde ihren Mond so hat Jupiter 4 Begleitsterne, die ihn in verschiedenen Entfernungen umkreisen. Während es aber bei der Erde nur selten zu einer Sonnen- oder Mondfinsterniß kommt, sind die Bahnen der Jupitersmonde so eingerichtet, daß

die 3 ersten, dem Jupiter nächsten, gar nie, der vierte nur in Ausnahmsfällen um ihren Hauptplaneten herumkommen, ohne einmal verfinstert zu werden, einmal eine unserer Sonnenfinsterniß analoge Bedeckung eines Jupitertheiles hervorzubringen. Außerdem machen diese Trabanten ihren Kreislauf um den Jupiter viel schneller durch, als der Mond den seinigen um die Erde, es gibt also am Jupiter viel mehr Verfinsterungen (4400 jährlich). Die Berechnung der Bahnen dieser Trabanten ist einfacher, und man sieht den Eintritt der Finsterniß von jedem Punkte der Erde aus zu gleicher Zeit, wie man das Verschwinden eines ausgelöschten Lichtes nach allen Richtungen gleichmäßig wahrnimmt. Alles dieses sind Vortheile der Jupiterstrabanten zum Zwecke der Längenbestimmungen, welche Galilei bewogen, die Beobachtung derselben zur Benutzung zu gedachtem Zwecke vorzuschlagen. Man kann auch in der That auf dem Lande die Längen durch Vermittlung dieser Trabanten mit großer Genauigkeit bestimmen; doch geht dieses auf dem Meere etwas schwieriger, denn die kleinen Sterne sind dem unbewaffneten Auge unsichtbar und es gehören Fernröhre dazu, um den Augenblick der Verfinsterung genau wahrnehmen zu können. Auf dem schaukelnden Schiffe lassen sich solche Beobachtungen nicht gut anstellen, weil man das Instrument nicht ruhig halten kann, und es muß daher hier eine eigene Vorrichtung angebracht werden, um den Beobachter vor diesem Schaukeln zu schützen. Wenn übrigens diesem Mangel abzuhelfen ist, so bleibt dafür ein anderer, gegen den man nicht ankämpfen kann, nämlich der Umstand, daß man die Jupiterstrabanten nur etwa die Hälfte des Jahres beobachten kann.

Als Huyghens die erste Pendeluhr construirt hatte, wurde dieses, unstreitig das beste Mittel, längere Zeiträume zu messen, wie sich leicht denken läßt, alsbald zur Bestimmung von Längen benutzt. Das Pendel ist zwar vorzugsweise ein Instrument für den festen Boden, auf dem schwankenden Schiffe ist es zu vielen Zufälligkeiten ausgesetzt, doch wurden nichtsdestoweniger mit Hülfe von Pendeluhren verhältnißmäßig gute Resultate erzielt. Die Pendeluhren können befriedigende Dienste leisten, wenn man sich beständig in derselben Breite aufhält; sie gehen aber unrichtig, sowie man diese wechselt. Geht man mit einer Pen-

deluhr von Europa gegen den Aequator, so geht sie, und wenn sie bei uns auch vollkommen richtig war, zu langsam und umgekehrt in den Polargegenden zu schnell. Wenn daher ein Schiff auf seinen Reisen bald da bald dorthin kommt, kann es sich auf eine Pendeluhr, auch wenn sie möglichst sorgfältig aufgehängt ist, nicht verlassen.

Als die Engländer einen hohen Rang unter den seefahrenden Völkern einzunehmen begonnen hatten, richteten sie auch ihre Aufmerksamkeit auf die Bestimmung der Länge. Es wurde zu diesem Zwecke von dem Parlamente im zwölften Jahre der Regierung der Königin Anna eine hierauf bezügliche Acte erlangt. (An act for providing a public reward, for such person or persons as shall discover the longitudine at sea.) Dieser Acte zufolge wurde eine Commission von Sachverständigen ernannt, um die eingehenden Vorschläge zu prüfen. Sollte ein solcher Plan Aussicht auf Erfolg gewähren, so durfte dafür eine Summe bis zu 2000 Pfund Sterling verwendet werden. Dieselbe Acte bestimmte ferner demjenigen, der zuerst eine Methode fände, vermittelst deren man die Länge bis auf einen Grad genau angeben könnte, einen Preis von 10000 Pfund Sterling, das Doppelte aber, wenn die Genauigkeit bis auf einen halben Grad ginge. Als Probe war bestimmt, daß ein Schiff die Reise nach einem von den Commissären zu bestimmenden amerikanischen Hafen zu machen habe und nicht über die angegebene Grenze fehlen dürfe, es mußte daher ein Mittel gefunden werden, vermöge dessen man stets bis auf 4, beziehungsweise 2 Minuten genau angeben könnte, wie viel Uhr es in London sei.

Der glückliche Preisträger war Harrison, der ein Chronometer herstellte, welches die Erwartungen des Parlamentes selbst noch übertraf. Sein Sohn (William) machte mit demselben vom Nov. 1761 — März 1762 eine Reise nach Jamaika und zurück, deren Resultat dahin ausfiel, daß die Uhr in 2 Monaten nur 114½ Secunden in Zeit oder 28½ Minuten in Bogen differirte.

Wie sich von selbst versteht, ist die Herstellung von Chronometern nicht auf der Stelle stehen geblieben, auf der Harrison sie gelassen; sie wurde mehrfach verbessert und die

gegenwärtige Schifffahrt ist daher von einem großen Leiden der früheren befreit.

Der Umstand, daß man jetzt den Ort, wo ein Schiff sich befindet, jederzeit genau auffinden kann, hat noch einen andern Vortheil, den, daß man leichter auf das hohe Meer hinaus kann, wo die Schiffe viel sicherer sind als an den Küsten, denn während ein allenfallsiger Sturm auf dem hohen Meere ein Schiff höchstens um einige Meilen aus seiner Bahn wirft, kann er es an der Küste an das Land jagen. Aus diesem Grunde gehen im englischen Kanal jährlich viel mehr Schiffe zu Grunde als auf dem ganzen atlantischen Ocean. Fern von jedem Lande herrschen fast allenthalben Winde und Wasserströmungen, die man für die verschiedenen Jahreszeiten kennt, während die Unregelmäßigkeiten an der Küste hierin sehr viel zu wünschen übrig lassen, und man kann gegenwärtig oft einen scheinbaren großen Umweg mit Vortheil machen, den man sich bei der früheren Unsicherheit nicht erlauben durfte.

Die Bestimmung der geographischen Länge eines Ortes auf dem festen Lande gewährte von jeher eine größere Sicherheit als die auf dem schaukelnden Schiffe. Die vervollkommnete Construction der Chronometer hob den Unterschied nahezu auf. In der neuesten Zeit dagegen ist die Zahl der Längenbestimmungsmethoden auf dem Lande um eine vermehrt worden, die die größte jetzt denkbare Genauigkeit gewährt und die ich darum nicht mit Stillschweigen übergehen kann. Diese Bestimmung beruht auf dem elektrischen Telegraphen; sie ist unabhängig von all den Unvollkommenheiten, die den Uhren, selbst den allerbesten, immer ankleben. Ein Beobachter an dem Orte A nimmt den Durchgang irgend eines Sternes durch den Meridian vermittelst seines Fernrohres wahr und telegraphirt dieses im nämlichen Augenblicke seinem Correspondenten in B, der zurücktelegraphirt, wenn er seinerseits den Durchgang desselben Sternes durch seinen Meridian findet. Aus der Zeitdifferenz berechnet sich dann ganz einfach der Längenunterschied.

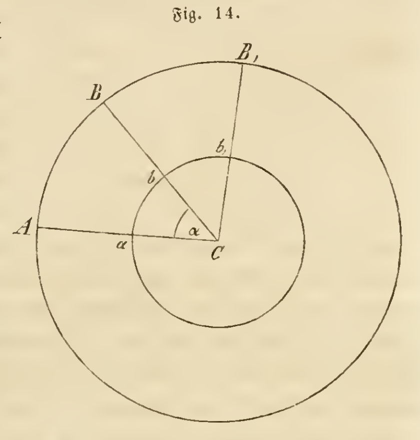
Siebenter Brief.

Die Größe und wahre Gestalt der Erde.

In dem vorhergehenden Briefe habe ich Ihnen gezeigt, daß das Princip der Längenbestimmung eines Punktes auf der Erde ein ganz einfaches ist, daß aber nichtsdestoweniger die genaue Lösung des Problemes Schwierigkeiten in sich schließt, die lange Zeit hindurch dem Scharfsinne vieler Menschen Trotz zu bieten im Stande waren. Ganz demselben Falle begegnen wir, wenn wir der Bestimmung der Größe und Gestalt der Erde unsere Aufmerksamkeit zuwenden.

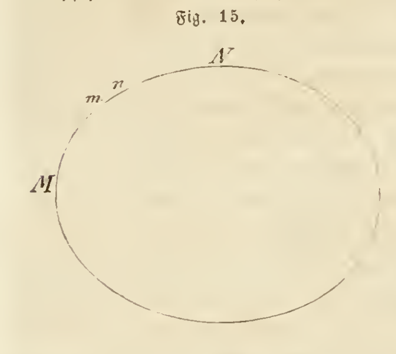
Nebenstehende Fig. 14 möge den Durchschnitt zweier Kugeln darstellen, einer größeren und einer kleineren, auf der ersteren seien die zwei Punkte A und B, auf der zweiten die Punkte a und b. Zieht man von diesen Punkten aus Gerade nach dem Mittelpunkte C, so schneiden diese sich dort unter dem Winkel α, wenn wir mit diesem Buchstaben die Differenz der Richtung der Linien bezeichnen. Wäre diese Differenz noch einmal so groß, so wäre es auch der Bogen AB und B würde mit dem Punkte B_1 zusammenfallen. Würde α 360 Grade betragen, so ginge der Bogen AB um den ganzen Kreis herum und B fiele alsdann auf A. Kurz je größer der Winkel, um so größer der Bogen. Ist daher der Winkel α der zehnte Theil von 360 Graden, also 36, so ist der Bogen AB der zehnte Theil der ganzen Peripherie des großen Kreises, ab der zehnte Theil des kleinen. Kennt man nun den zu 2 Punkten gehörigen Winkel (α) und die Entfernung beider Punkte von ein=

Fig. 14.



ander, so findet man auch leicht die Größe, sowohl des Kreises als auch der ihm entsprechenden Kugel. Ist die Erde eine Kugel, so findet man ihre Größe ganz leicht, wenn man zwischen 2 Punkten eines Meridians die Breitendifferenz (unser α) bestimmt, und die Entfernung beider Punkte, d. h. die Größe des Bogens zwischen ihnen mißt. Je größer die Kugel ist, um so größer wird der einem Grade entsprechende Bogen, der Gradbogen werden. Da der Kreis überall gleich gekrümmt ist, muß der Gradbogen allenthalben gleich groß sein, und es ist deshalb ganz gleichgültig, wo man den Bogen mißt. Ist der Erddurchschnitt kein Kreis, sondern etwa eine Ellipse (Fig. 15), so

Fig. 15.



kann man den Theil derselben der in der Gegend von M ist, als ein Fragment eines kleineren Kreises, den in der Gegend von N als das Stück eines größeren betrachten. Wird daher an beiden Stellen ein Gradbogen gemessen, so wird er bei M kleiner, bei N größer sein und ihre Differenz muß, wie sich bei dem Betrachten der Figur ergibt, größer ausfallen als wenn man 2 Bogen, einen bei m den andern bei n, bestimmen würde. Wie bei einem Kreise eine einzige Messung hinreicht, um einen Schluß auf die ganze Peripherie ziehen zu können, so hat man bei der Ellipse die Messungen zweier verschieden gelagerten Stücke nothwendig. Haben wir dagegen mit einer ganz unregelmäßigen Gestalt zu thun, so muß rund um dieselbe herum gemessen werden, und es ist nicht mehr möglich, mangelnde Messungen durch Rechnung zu ersetzen.

Unsere Sinne sind, wie bereits erwähnt, nicht mathematisch genau, sie veranlassen uns immer zu größeren oder kleineren Fehlern und alle unsere Instrumente, denen ja unsere Sinne als Basis dienen, sind ebenfalls fehlerhaft. Bei der sorgfältigsten Beobachtung sind deshalb stets Ungenauigkeiten vorhanden und darum wird auch der zu bestimmende Winkel α sowenig als AB ganz richtig sein, ihre Bestimmung wird sich

nur dem wahren Werthe mehr oder weniger nähern. Der Winkel α ist um so unsicherer, je kleiner er ist, und man muß daher, wenn die ganze Bestimmung einen Werth haben soll, einen möglichst großen Bogen messen, d. i. durch wirkliche Beobachtung ein möglichst großes α zu erhalten suchen.

Wenn Sie die Geschichte der Astronomie durchgehen, so begegnen Sie bereits im Alterthume Versuchen, die Größe der Erde zu bestimmen. Der Mann, der den ersten Versuch, dessen Details man kennt, machte, war Eratosthenes (276—196 v. Chr.), Bibliothekar Ptolemäus III. in Alexandrien.

Damals gab es in Syene, dem heutigen Assuan in Oberägypten, einen tiefen Brunnen, der am Tage der Sommersonnenwende bis an seinen Boden von der Sonne beschienen wurde, der also an diesem Tage die Sonne senkrecht über sich hatte. Am gleichen Tage fand Eratosthenes in Alexandrien die Sonne um den 50. Theil der Peripherie d. i. 7° 12′ vom Zenithe entfernt. In Syene war also die Zenithdistanz der Sonne Null, denn die Sonne war ja im Zenithe, in Alexandrien betrug sie die angegebene Größe, welche daher auch die Differenz der Zenithdistanz der Sonne an beiden Orten ist. Ich erinnere Sie nun an den Satz, auf den ich Sie bereits im vorigen Briefe gelegentlich der Breitenbestimmung aufmerksam machte, daß nämlich die Differenz der Zenithdistanzen der Breitendifferenz zweier Orte gleich sei, d. h. dem Winkel α (Fig. 14). Denken Sie sich, in Fig. 14 sei der Punkt A Alexandrien, der Punkt B bedeute Syene und die beiden seien um den 50. Theil der Peripherie von einander entfernt, so ist nichts mehr nothwendig als zu wissen, wie groß dieser 50. Theil sei, und dieser dann 50 mal zu nehmen.

Eratosthenes schätzte die Entfernung Syene's von Alexandrien zu 5000 Stadien und erzielte somit 250000 Stadien für den Umkreis der ganzen Erde.

Das Princip, nach welchem Eratosthenes die Lösung der Aufgabe unternahm, ist richtig, die Ausführung dagegen läßt sehr viel zu wünschen übrig, denn es ist eigentlich nur von einer Schätzung, nicht von einer wirklichen Messung die Rede, auch liegen Alexandrien und Syene nicht in demselben Meridiane, wie Eratosthenes annahm; es ist also etwa so, wie

wenn in Fig. 3 die Entfernung RP statt RA oder QP genommen würde. Man weiß auch nicht, welche Stadie Eratosthenes gemeint hat, denn wie es jetzt in den verschiedenen Ländern verschiedene Fuße gibt, so existirten im Alterthume verschiedene Stadien. Sollte bei der vorstehenden Messung die ägyptische Stadie gemeint sein, die 302 Par. Fuß lang war, so würde die Erde um mehr als ein Drittheil zu klein, während sie, wenn man die olympische Stadie zu 567 Fuß zu Grunde legt, um etwas mehr als ein Zehntheil zu groß ausfällt.

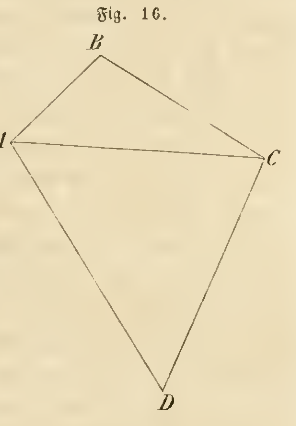
Auch der Kalif Almamon versuchte die Lösung des Problems. Er ließ in den Ebenen von Sennaar einen Grad des Meridians messen. Dieser Bestimmung zufolge gehen 56⅔ arabische Meilen auf einen Grad. Leider ist die Größe dieser Meile nicht genau bekannt. Man weiß wohl, daß sie 4000 Ellen à 24 Zoll à 6 Gerstenkörner hat; aber die Gerstenkörner können sehr verschieden sein.

Die Methode, nach welcher gegenwärtig die Gradmessungen vorgenommen werden, ist dieselbe, welche der Niederländer Snellius bereits 1617 in seinem Eratosthenes Batavus veröffentlicht hat, und nur die Ausführung hat in dem Maaße sich geändert, als die Fortschritte der Technik eine größere Genauigkeit erwarten ließen.

Es ist vollkommen unmöglich, eine gerade Linie von mehr als 100 Meilen Länge direct in der Weise zu messen, daß man einen oder mehrere Normalmaßstäbe der Reihe nach so anlegt, wie in dem Kaufladen ein Stück Tuch abgemessen wird, denn der Lauf der Flüsse und Gebirge legt hier unübersteigliche Hindernisse in den Weg. Wie könnte man in dieser Weise die Distanz zweier durch einen Meeresarm oder durch einen See getrennter Punkte, durch welche möglicher Weise die Linie geht, mit Genauigkeit bestimmen? Hier muß die Rechnung helfen. Direct, d. h. durch Hintereinanderlegen der Maaßstäbe, wird nur ein ganz kleines Stück gemessen. Hierzu sucht man sich in einer der zu messenden Linie nahe gelegenen Gegend ein Terrain aus, das möglichst horizontal ist, überhaupt möglichst wenig Schwierigkeiten bietet. Diese gemessene Linie heißt die Basis, und von ihrem einen Endpunkte aus muß der andere sichtbar sein. Ist das Stück gemessen, so sucht man einen Punkt in

der Gegend auf, der entweder ein Thurm, ein auf einer Anhöhe errichtetes Signal oder dergleichen ist und von dem aus man die beiden Endpunkte der Basis sehen kann. Die 2 Endpunkte der Basis und der Signalpunkt können nun durch Linien verbunden gedacht werden, welche alsdann ein Dreieck bilden, dessen Ecken durch die 3 Punkte gebildet werden, von deren jedem man die beiden andern sehen kann. Jedes ebene Dreieck besteht aus 3 geraden Linien und 3 Winkeln; kennt man von diesen 6 Stücken 3, worunter wenigstens eine Seite ist, so lassen sich die 3 andern durch Rechnung leicht finden, und es handelt sich bei einer großen Zahl von geometrischen Aufgaben, bei fast allen Messungen nur darum, in schicklicher Weise Dreiecke zu bekommen, deren Winkel und von deren einem eine Seitenlänge gegeben ist. Sie haben bereits bei der Bestimmung der Sonnenentfernung ein Beispiel hiervon gesehen. Visirt man daher von dem einen Basisende A der Fig. 16 zuerst nach dem andern B und dann nach dem Signalpunkte C, so gibt der Unterschied der Richtungen den zwischen den Linien AC und AB eingeschlossenen Winkel. Auf gleiche Weise wird der Winkel bestimmt, den die Linien BC und AB mit einander bilden. Hierdurch sind 2 Winkel und eine Seite des Dreieckes ABC und zugleich auch die Längen AC, BC, so wie der Winkel in C bekannt. Ist D ein zweiter Signalpunkt, der von B und C aus sichtbar ist, so entsteht ein zweites Dreieck ACD, dessen eine Seite AC bekannt ist und als neue Basis genommen werden kann. So geht man von Ort zu Ort, und indem in den Schlußdreiecken die beiden Endpunkte der zu messenden Linie als Ecke genommen werden, läßt sich die Größe derselben durch Rechnung bestimmen, obwohl nur ein ganz kleines Stück, das gar nicht einmal einen Theil des Gradbogens auszumachen braucht, durch directe Messung gefunden wurde. Will man bei größeren Untersuchungen seiner Sache sicher sein, so wird in

Fig. 16.

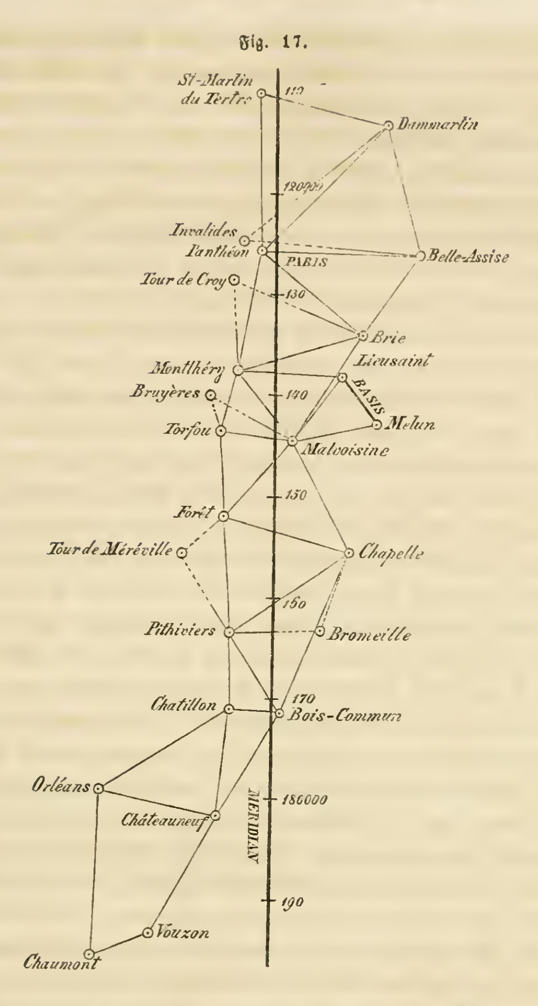


einem entfernten Theile des Gradbogens eine neue Basis gemessen, diese mit den bereits vorhandenen Dreiecken in Verbindung gebracht und das Resultat beider Rechnungen verglichen. Es wird die Größe der zweiten Basis vermittelst Rechnung aus der der ersten abgeleitet, und das Ergebniß muß mit dem der directen Messung zusammenstimmen. Je größer die Abweichung, um so größer die Unsicherheit. Selbstverständlich muß, wegen der Mangelhaftigkeit jedes Versuches, jede Beobachtung zu wiederholten Malen gemacht werden, weshalb auch möglichst viele einander controlirende Dreiecke gesucht werden, indem man die Signalpunkte, von denen aus gleichzeitig mehrere andere sichtbar sind, dazu benutzt, verschiedene Gruppirungen von je 3 Punkten zusammen zu bringen. Eine besondere Aufmerksamkeit erfordert jedoch die Basis, da die bei ihr gemachten Fehler sich auf die ganze Messung übertragen.

Nachstehende Figur (17), welche Arago in seiner „Astronomie populaire" mitgetheilt hat, zeigt einen Theil des Resultates der französischen Triangulation zwischen Dünkirchen und Formentera. Die an dem Meridian aufgetragenen Zahlen geben die jeweilige Entfernung von dem Ausgangspunkte Dünkirchen in Toisen (à 6 Par. Fuß). Es wurden bei dieser Gelegenheit 2 Basen gemessen, die eine zwischen Lieusaint und Melun, die Sie auf der Figur sehen können, die andere 330000 Toisen südlicher bei Perpignan. Die erstere Basis hatte eine Länge von 6075,90 Toisen, die zweite gab bei directer Messung deren 6006,25. Zwischen Melun und Perpignan sind 53 Dreiecke und wenn durch alle diese aus der Meluner Basis die von Perpignan berechnet wird, so ergibt sich für diese eine Größe von 6006,09 Toisen, was auf die ganze nahezu 100 deutsche Meilen lange Strecke einen Fehler von 11 Zollen gibt.

Snellius bestimmte nach seiner Methode die Größe des Meridianbogens zwischen Alkmaer und Berg op zoom bei Leyden und fand die Länge des Gradbogens gleich 28500 rhein. Ruthen oder 55021 Toisen. Picard bestimmte 1671 die Länge des Gradbogens zwischen Paris und Amiens zu 57060 Toisen. Die erhebliche Differenz zwischen beiden Messungen veranlaßte den Landsmann des Snellius,

Fig. 17.



Muschenbroek zu einer Revision der Arbeit desselben, wobei er einen Irrthum entdeckte, den zwar schon Snellius gefunden hatte, an dessen Verbesserung dieser aber durch plötzlichen Tod verhindert worden war. Nach Correction dieses Fehlers stellte sich die Gradlänge zu 57033 Toisen, was von dem Picard-schen Resultate nur um 27 Toisen abweicht.

Fast um dieselbe Zeit bestimmte Riccioli die Länge eines Grades in Italien zu 62650 Toisen.

Bisher hatte die Erde für eine große Kugel gegolten. Der erste Stoß, den diese Ansicht erhielt, wurde durch Richer veranlaßt. Dieser war nämlich 1672 von der Pariser Akademie nach Cayenne geschickt worden, um daselbst verschiedene Beobachtungen zu machen. Dort angekommen fand er, daß sein von Paris mitgebrachtes Secundenpendel zu spät ging, weshalb er es um 1¼ Linien verkürzen mußte. Dieses so verkürzte Pendel ging bei der Rückkehr nach Paris zu schnell und mußte dort um dieselbe Größe wieder verlängert werden.

Ich habe zwar schon in meinen früheren Briefen von dem Pendel gesprochen, und da ich weiß, daß Ihnen die Gestalt desselben bekannt ist, konnte ich dieses ohne weitere Bemerkungen thun; erlauben Sie mir nun, auf die Gesetze desselben etwas näher einzugehen. Wenn Sie irgend einen Körper vermittelst eines Fadens an einem festen Punkte aufhängen, so erhalten Sie dadurch ein Pendel in seiner einfachsten Form. Bringen Sie dieses Pendel aus der Lage, in welcher Ruhe stattfindet, und der Faden senkrecht steht, so wird es diese Ruhelage wieder einzunehmen suchen, und der Körper wird sich von selbst dem Punkte zu bewegen, wo er der Erde so nahe ist, als es die Länge des Fadens nur gestattet. Bis er aber diesen Punkt erreicht, wird er durch das Fallen eine gewisse Geschwindigkeit angenommen haben, die ihn veranlaßt, auf der entgegengesetzten Seite weiter zu gehen, und weil der Faden nicht länger wird, muß er wieder in die Höhe. Dieses Fortgehen beruht auf der allgemeinen Eigenschaft der Körper, eine Bewegung, die sie einmal angenommen haben, so lange beizubehalten, bis sie ihnen wieder genommen wird. Die Waggons eines Eisenbahntrains laufen, einmal im Zuge, noch weit fort, wenn auch der Dampf in der Locomotive ausgegangen ist, sie laufen so weit, bis die Reibung an den Schienen ihnen alle Bewegung genommen hat. Kann die Locomotive plötzlich nicht mehr weiter, so drängen die Waggons alle vor und es entstehen jene fürchterlichen Stöße, von denen die Eisenbahngeschichte Allerlei zu erzählen weiß. Doch kehren wir zu unserm Pendel zurück! Der herabgefallene Körper geht also, weil der Faden, an dem er hängt, nicht länger wird, wieder in die Höhe. Durch Herabfallen hat er eine Geschwindigkeit erlangt,

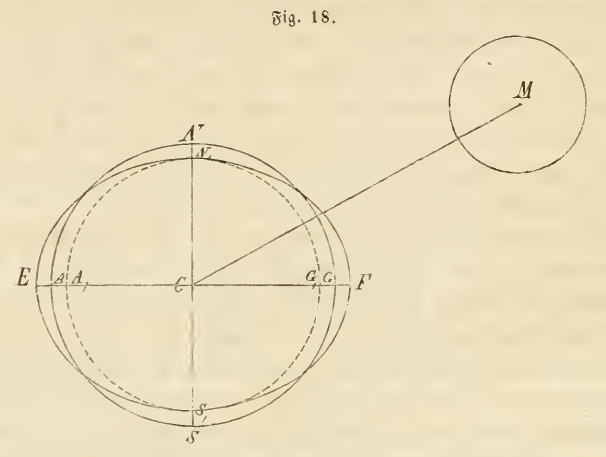
durch Hinaufsteigen muß er sie wieder verlieren, und hat er sie alle verloren, so fällt er wieder herab, er muß also immer hin und her gehen. Wird der Faden länger gemacht, so wird unter sonst gleichen Umständen der Weg des Pendels ein größerer, es muß daher langsamer gehen. Die Ursache des Hin- und Hergehens des Pendels ist die Anziehung, welche die Erde auf den angehängten Körper ausübt, denn wäre diese nicht, so würde zu einer Bewegung gar keine Veranlassung vorhanden sein. Ist irgendwo auf der Erde die Schwerewirkung stärker, als an einem anderen Orte, so muß ein gleichlanges Pendel an ersterem Punkte schneller, oder ein um einen bestimmten Theil längeres ebenso schnell schwingen als an dem zweiten. Umgekehrt muß es gestattet sein, aus der Zeit, welche ein gegebenes Pendel zu einer Schwingung gebraucht, einen Schluß auf die Größe der Erdwirkung zu fassen.

Der Erste, welcher diese Reihenfolge von Schlüssen zog, war Huyghens; er suchte und fand die Ursache der von Richer beobachteten Thatsache in der Centrifugalkraft. Ich muß Sie jetzt bitten, an die Definition, welche Ihnen Herr Cotta in dem 7. Briefe des ersten Bandes von der Centrifugalkraft gegeben, so wie an den dort mitgetheilten Versuch Plateaus sich zu erinnern, und mich darauf beschränken, Ihnen die näheren Verhältnisse der hier auftretenden Wirkungen bekannt zu machen. Sie befestigen einen beliebigen Körper, etwa eine Kugel, an einer Schnur und schwingen ihn dann im Kreise herum. Die Kugel wird das Bestreben haben, sich von dem Mittelpunkte des Kreises zu entfernen, welches Bestreben Centrifugalkraft heißt. Je schneller die Bewegung erfolgt, um so größer wird die Centrifugalkraft sein, was Sie sehr leicht daran sehen können, daß bei gehöriger Beschleunigung die Schnur reißt, was bei einer geringeren nicht der Fall ist. Je länger bei gleicher Umdrehungsgeschwindigkeit die Schnur wird, um so größer wird die Centrifugalkraft sein, denn der Körper muß einen immer größeren Kreis beschreiben, also immer schneller gehen. Vermöge des Schweregesetzes zieht jeder Körper jeden anderen in jeder Richtung gleich an. Eine große Anzahl von Körpern, die unter einander beweglich sind, muß sich so zusammenlegen, daß dadurch ein größerer nach allen Richtungen gleichmäßig

begrenzter Körper entsteht, denn da die Schwere nach allen Seiten gleich wirkt, ist gar kein Grund zu einer Ungleichmäßigkeit vorhanden. Die einzige Gestalt, welche diese Bedingung erfüllt, ist die Kugel.

Setzen wir nun, es sei eine große Kugel gegeben, deren einzelne Theile durch die gegenseitige Anziehung der einzelnen Theilchen zusammengehalten werden, und diese Kugel drehe sich um die Axe SN, Fig. 18. Da alle Punkte gleichzeitig um

Fig. 18.



diese Axe herumwandern müssen wird in A, weil dieses den größeren Weg zu machen hat, die Centrifugalkraft größer sein als näher bei N. In N und S ist gar keine Centrifugalkraft vorhanden. Vermöge der Anziehung suchen sich die Oberflächentheile dem Mittelpunkte zu nähern. Vermöge der Centrifugalkraft würden sie sich von der Axe entfernen. Als Gesammtwirkung folgt, daß von der Anziehung in A eine größere Wirkung, gegen N und S hin eine kleinere abgezogen werden muß. Wäre keine Umdrehung vorhanden, so würde eine Kugel entstehen, ist eine Rotation da, so muß dort, wo die Centrifugalkraft am größten ist, das Bestreben, sich dem Mittelpunkt zu nähern, ein kleineres sein, als an irgend einem anderen Orte, und die Oberflächengestalt wird die sein, welche erhalten wird, wenn man die Curve $N_1 E S_1 F$ um $S_1 N_1$ dreht, ein abgeplattetes Rotationsellipsoid, denn die Theile in F nähern sich dem Mittelpunkte C weniger, als die in N_1 oder S_1. Aus diesen

Gründen schloß Huyghens und mit ihm Newton auf die Gestalt der Erde.

Wäre die gesammte Anziehung der Erde in deren Mittelpunkt vereinigt, so würde die Abplattung $^1/_{579}$, wäre die Masse gleichmäßig im ganzen Körper vertheilt und würde jedes Theilchen gleich nach außen wirken, so würde sie $^1/_{230}$ sein, d. h. wenn man einen Aequatorialdurchmesser in 579, beziehungsweise 230 gleiche Theile theilt, wäre die Drehungsaxe um einen solchen Theil kleiner. Sie werden bald sehen, daß die Abplattung zwischen beiden Extremen ist, daß also die Masse der Erde so vertheilt sein muß, daß die Theile des Innern dichter sind, als die der Oberfläche, und sohin in der Wirklichkeit ein mittlerer Fall zwischen den beiden angeführten Extremen stattfindet. Würde die Erde sich schneller drehen, so wäre auch ihre Abplattung größer, wie dieses auch bei den Planeten Jupiter und Saturn der Fall ist. Am Aequator ist die Wirkung der Centrifugalkraft der 289. Theil der Schwere; bei einer 17 mal schnelleren Rotation der Erde wäre sie 17 mal 17 mal, also 289 größer, als sie jetzt ist, mithin genau so groß als die Schwere, und ein Körper am Aequator in die Höhe geworfen käme nicht mehr auf die Erde zurück.

Diese neue Ansicht von der Gestalt der Erde blieb nicht lange unangefochten. Eisenschmidt, ein Elsässer, machte auf den Widerspruch aufmerksam, in dem diese Theorie mit der Erfahrung stehe. Soll nämlich die Erde an den Polen abgeplattet sein, so muß den am Eingange dieses Briefes entwickelten Principien zufolge ein Gradbogen des Meridians um so größer werden, je näher er an dem Pole liegt. Vergleicht man nun die damals bekanntesten Messungen von Snellius, Picard und Riccioli, die ich bereits mitgetheilt habe, so ergibt sich:

	Größe des Bogens
Italien . .	62650 Toisen,
Frankreich .	57060 „
Niederlande	57033 „

wodurch der Huyghens'sche Satz nicht nur nicht bestätigt, sondern geradezu widerlegt wird. Es ergibt sich hieraus, schloß Eisenschmidt, daß die Erde an den Polen nicht nur nicht

abgeplattet, sondern sogar zugespitzt ist. Man erhält die hier gemeinte Figur dadurch, daß man die Ellipse um die lange Axe (EF, Fig. 18) dreht, wodurch eine Citronenform entsteht, die gerade der Gegensatz zu der Pomeranzenform der Erde ist, welche nach Huyghens und Newton durch Umdrehung der Ellipse um die Axe $N_1 S_1$ zum Vorschein kommt.

Eine im Jahre 1716 vollendete durch ganz Frankreich gehende Gradmessung ergab für die Gradlänge südlich von Paris 57092 Toisen, für die nördlich davon deren nur 56960, zeigte also ebenfalls eine Verlängerung der Erde in der Richtung ihrer Drehungsaxe an, nach welcher diese Axe um $^1/_{96}$ größer ist, als der Durchmesser am Aequator. Dieses Resultat veranlaßte daher die französischen Mathematiker, Cassini an ihrer Spitze, der Ansicht von der Abplattung entgegenzutreten und auf das Ergebniß der ihr widersprechenden directen Beobachtung hinzuweisen. Auch eine Breitenmessung führte auf dasselbe Resultat. Ist nämlich die Erde an den Polen abgeplattet, so nehmen die Breitenkreise gegen diese hin schneller ab als bei der Kugel; ist die Abplattung dagegen am Aequator, so findet das Gegentheil statt; doch waren damals, bei der großen Schwierigkeit, die ganze Länge eines Ortes genau anzugeben, die Breitenkreismessungen den Meridianmessungen weit untergeordnet.

Nun opponirte die Gegenpartei, die ihre Vertreter vorzugsweise in England hatte. Die Messungen, sagte sie, seien nicht genau genug, und außerdem seien die Gradbogen, die man bestimmt hatte, der Breite nach zu wenig verschieden. Wolle man hier ein endgültiges Urtheil abgeben, so sei es nothwendig, 2 Gradmessungen an der Breite nach möglichst verschiedenen Orten anzustellen, und den einen davon nahe am Aequator, den anderen in der Nähe des Poles zu nehmen. Das Mißtrauen in ihre Versuche verdroß die Franzosen, und so entwickelte sich nach und nach ein Streit, der so ziemlich unter die lebhaftesten gehört, welche, ohne weder das politische noch das kirchliche Gebiet zu berühren, in der Wissenschaft durchgeführt wurden.

Endlich entschloß sich die französische Regierung an zwei weit von einander entfernte Punkte Commissionen zu senden.

An der Spitze der einen derselben ging 1736 Maupertuis nach Lappland, wo er bei Tornea einen Gradbogen von 57 Minuten und 30,4 Secunden maß. Nach dieser Bestimmung beträgt die Länge des Bogens von einem Grade 57201,8 Toisen, während die Gradlänge zwischen Paris und Amiens nach Picard deren 57060 beträgt. Eine zweite Commission, bestehend aus Condamine, Bouguer und Godin, denen sich noch 2 spanische Offiziere, Georg Juan und Antonio de Ulloa, anschlossen, begab sich nach Quito und bestimmte daselbst 2 verschiedene Gradbogen. Das Resultat war eine Länge von 56864,6 Toisen pro Grad.

Auch die Pendelschwingungen wurden mannichfach zur Ableitung der Gestalt der Erde benutzt. Wäre die Erde eine Kugel, so würde das Pendel, wegen der Wirkung der Centrifugalkraft, am Aequator langsamer schwingen als am Pole; bei der Ellipse aber wird die Differenz eine größere sein als bei der Kugel, denn am Punkte A würde unter Zugrundelage der Kugel das Pendel rascher schwingen als in E, in N dagegen langsamer als in N_1, denn jedesmal ist die Bewegung dort rascher, wo die Entfernung der Oberfläche vom Erdmittelpunkte kleiner ist. Die aus den Pendelversuchen abgeleitete Abplattung der Erde ist, wie Sie aus dem Kosmos ersehen, etwas größer, als die aus den geodätischen Messungen berechnete.

Man kann sich das Erdellipsoid zusammengesetzt denken aus einer Kugel $N_1A_1S_1G_1$ und einem Ringe, dessen Durchschnitte mit der Ebene des Papieres die Stücke $N_1ES_1A_1$ und $N_1GS_1G_1$ sind. Befindet sich in M der Mond, so wird die Wirkung der Kugel auf diesen dieselbe sein, M möge, wenn die Entfernung gleich bleibt, wo immer stehen, der Ring aber wird sich so zu stellen suchen, daß G in die Linie CM fällt, oder den Mond herabzudrücken und wird die mit ihm verbundene Kugel auch mitdrehen, ein Bestreben, aus dessen Größe auf die Masse des Ringes geschlossen werden kann. Auf diese Thatsache gestützt, bestimmte Laplace die Erdabplattung zu $^1/_{306}$.

Diese von Laplace berechnete Abplattung gibt die Gesammtwirkung des Ringes an, der an den einzelnen Längen

dicker, an anderen dünner sein mag. An der dünneren Stelle würde eine Gradmessung eine kleinere, an der dickeren Stelle eine größere Abplattung geben.

Wäre die Erde eine Kugel, so könnte man, wie die höhere Mathematik zeigt, beliebige Durchmesser an ihr ziehen, und diese dürften was immer für Richtungen haben, die Erde würde um den einen wie den anderen als Axe sich drehen, sie wäre also ganz indifferent gegen die Lage der Axe. Wäre die Erde ein gestrecktes Rotationsellipsoid, wie die französischen Akademiker glaubten, so könnte sie sich um die lange Axe drehen, aber bei der geringsten Störung umschlagen und dann um den kleinsten Durchmesser rotiren. Das abgeplattete Ellipsoid dreht sich um die kleine Axe und wenn es durch Einwirkungen von außen Störungen erleidet, so dreht es sich momentan um eine andere Linie, kehrt aber selbst zur alten Axe wieder zurück, und bildet daher den Gegensatz zu dem gestreckten Ellipsoide. Hat der rotirende Körper eine unregelmäßige Form, so wird er immer eine Axe haben, um die er sich am liebsten dreht und zu der er immer wieder zurückkehrt, wenn man ihn auch anders stellt. Die Erdaxe ist eine solche stabile Drehungsaxe, und wir haben daher eine Aenderung derselben nicht zu befürchten. Selbst eine Veränderung der Lage der größten Gebirge würde, wie Sie aus dem Kosmos ersehen können (S. 20), nur ganz geringe Folgen haben.

Die Abplattung der Erde an den Polen ist eine ausgemachte Thatsache. Doch wurden auch nach den französischen Messungen zum Zwecke der Herstellung genauer Karten noch viele andere gemacht, und ihr mittleres Resultat gibt eine Abplattung von $^1/_{299,153}$.*) Will man die Abplattung bestimmen, so müssen 2 verschiedene Beobachtungen mit einander verbunden werden. Nimmt man unter den vorhandenen Messungen je ein Paar zusammen, so gibt jedes derselben einen anderen Werth für die Abplattung und die Differenzen (zwischen $^1/_{288}$ und $^1/_{306}$) sind größer als die Ungenauigkeiten, die an den einzelnen Bestimmungen haften können, woraus

*) Die Abplattung, welche der Meterbestimmung als Basis diente, ist $^1/_{334}$.

folgt, daß die Erde ein unregelmäßig gestalteter Körper ist, der nur im Allgemeinen dem Umdrehungsellipsoide sich nähert.

Uebrigens sind alle diese Unterschiede nicht so bedeutend, als man auf den ersten Anblick zu glauben versucht sein könnte. Beträgt auf einem Globus der Durchmesser des Aequators 2 Fuß und 11 Linien, so würde bei der Abplattung 1/299 die Axe nur eine Linie kleiner sein. Das geübteste Auge ist nicht im Stande, diese Differenz wahrzunehmen und würden 2 gleich große Globen, der eine mit einer Abplattung von 1/288, der andere mit einer von 1/306 hergestellt, so würden sehr scharfe Messungen nothwendig sein, um die Differenz aufzufinden. Die Ellipsen, die ich in den vorstehenden Figuren gezeichnet habe, sind daher, was die Abplattung betrifft, ungeheuer übertrieben, eine der Natur entsprechende würde sich dem bloßen Auge von einem Kreise nicht merkbar unterscheiden. Zeichnet man eine reine Ellipse auf dem Papiere mit freier Hand vermittelst der Feder nach, so würden, selbst bei der sichersten Hand, die alsdann zum Vorschein kommenden Unregelmäßigkeiten verhältnißmäßig viel größer sein, als die Unregelmäßigkeiten der Erdgestalt sind.

Achter Brief.

Die Rauhigkeit der Erdoberfläche.

Die Erde ist kein ganz regelmäßiges Sphäroid, denn die Krümmung, welche die Gradmessungen angeben, ist an verschiedenen Orten etwas abweichend; doch ist diese Unregelmäßigkeit eine für die Größe der Erde ganz unbedeutende. Betrachtet man dagegen die Erdoberfläche in ihren einzelnen Theilen, so erscheint sie voller Unebenheiten, und wir haben hier ungefähr denselben Fall, den uns etwa eine sehr regelmäßig gewachsene Orange bietet; im großen Ganzen stimmt sie mit einem abgeplatteten Rotationsellipsoide nahe überein, in der Nähe betrachtet ist die Oberfläche voller kleiner Erhabenheiten und Ver-

tiefungen, sie ist rauh. Was nun diese Unebenheiten der Orange, das sind bei der Erde die Berge und Thäler, doch sind diese verhältnißmäßig viel unbedeutender, als die Erhabenheiten der Orange. Die Unebenheiten der festen Erde, die zu sehen dem menschlichen Auge vergönnt ist, sind nur der kleinere Theil der in der That vorhandenen, denn weitaus der größere ist bedeckt von den Wassern des Meeres, dessen Boden er bildet, und der nur eine Fortsetzung des über das Wasser heraussehenden Stückes ist.

Gesetzt die Erde wäre einmal ganz trocken und würde dann mit Wasser begossen, so müßte dieses seiner Beweglichkeit gemäß auf jeder gegen den Horizont geneigten Fläche nach der Gegend hin fließen, wo die Oberfläche dem Erdmittelpunkte mehr genähert ist, und diese Bewegung müßte so lange fortdauern, bis die Flüssigkeit von Punkten begrenzt wäre, die sie überragen. Steigt nach und nach das Wasser immer mehr, so werden von den ursprünglich getrennten Reservoiren die einen und andern vermittelst des niedrigst gelegenen Theiles ihrer Einfassung mit einander in Communication treten, ja zuletzt die ganze Einfassung oder doch ihr größter Theil überfluthet werden und nur die höchsten Parthien als isolirte rings von Wasser umgebene Stücke trocken bleiben, die wir Inseln nennen wollen.

Bei fortwährendem Zugießen von Wasser werden immer mehr der ursprünglichen Becken mit einander in Verbindung treten, es werden die ursprünglichen Inseln zum Theil überfluthet und bilden nun Untiefen, während durch wiederholte Isolirungen neue gebildet werden.

Vergleichen wir nun mit diesem Bilde den Zustand, in dem die Erdoberfläche sich darstellt. Das Zuschütten von Wasser hat so lange gedauert, bis die auf 7 Zehntheile der ganzen Erde zerstreuten Becken mit einander in Verbindung gesetzt waren, die nun eine große Wasserfläche darstellen, welche man Meer nennt; doch sind die Becken noch nicht alle vereinigt worden, denn es gibt deren noch eine größere Anzahl, die als Binnensee'n ringsum von Land eingeschlossen sind. Wäre die Ueberschwemmung noch um etwa 50 Fuß höher gestiegen, so würde, um hier nur ein paar Beispiele anzuführen, auch die unter dem Namen

Caspisee bekannte Niederung sowohl mit dem schwarzen Meere, als auch mit dem nördlichen Eismeere in Verbindung getreten sein, und Europa wäre von Asien abgetrennt worden. Ebenso würde die Asien mit Afrika verbindende Stelle in der Gegend von Suez überschwemmt worden sein. Hätte andererseits die Ueberschwemmung weniger weit gereicht, so könnte man trockenen Fußes von Gibraltar nach Afrika hinübergehen, und das nunmehrige mittelländische Meer würde für uns ein großer Binnensee sein. England wäre alsdann keine Insel mehr, sondern wäre nur durch ein an der Sohle trockenes Thal, den nunmehrigen Kanal, von Frankreich getrennt.

So lange ein Becken für sich allein besteht, wird sein Niveau eine ihm besonders zukommende Sache sein. Die das Niveau einer Flüssigkeit bestimmende Wirkung ist die Schwerkraft der Erde. So lange im ganzen Bereiche des Beckens die Schwere nur ganz unbedeutenden Veränderungen ausgesetzt ist, wird jeder Oberflächentheil die gleiche Entfernung vom Erdmittelpunkte haben, und wenn sie je durch Ebbe und Fluth, Wellenschlag u. dgl. gestört werden sollte, wird sich diese ideale Oberfläche alsbald wieder herzustellen suchen. Aendert sich die Schwere, wie dieses bei einem von dem Pole zum Aequator reichenden Meere der Fall ist, bedeutend, so entfernt sich die Oberfläche am Aequator weiter von dem Erdmittelpunkte als am Pole. Die Oberfläche des Meeres bildet einen Theil des idealen Erdsphäroides, der geometrischen Figur der Erde, oder sucht wenigstens diesem sich so viel als möglich zu nähern. Die mit dem Meere nicht in Verbindung stehenden Seebecken sind bald höher, bald tiefer als dieses. Die Oberfläche des Caspisee's ist 78,8, die des todten Meeres 1231 Fuß niedriger, der Titicacasee in Peru 12054 Fuß höher als die Oberfläche des Meeres.

Soll das Relief des festen Bodens, die physische Figur der Erde angegeben werden, so kann man festsetzen, wie weit dieser oder jener Punkt von dem Erdmittelpunkte entfernt sei; weil aber dieses darum unbequem ist, daß man dabei immer

mit sehr großen Zahlen zu thun hat, zieht man vor, die in der Wirklichkeit 7 Zehntheile der Erde überziehende Meeresoberfläche über das Ganze ausgedehnt anzunehmen, also die geometrische Figur vollendet zu denken, und dann anzugeben, wie groß die von einem gegebenen Punkte auf diese ideale Oberfläche gezogene Senkrechte sei. Man sagt, ein Punkt sei über dem Meere, wenn er von dem Erdmittelpunkte weiter entfernt ist. als das ideale Wasserniveau; im entgegengesetzten Falle wird er als unter dem Meere liegend betrachtet.

Der trockene Theil der Erdoberfläche bildet nicht ein einzelnes Stück, sondern besteht aus einer großen Anzahl von einander gesonderter bald größerer bald kleinerer Fragmente. Man ist gewohnt, die größeren Parthien Continente oder Festländer, die kleineren Inseln zu nennen; doch ist dieser ganze Unterschied rein conventionell und durchaus nicht in der Natur der Sache begründet, wie sich auch die Größe nicht angeben läßt, welche eine Insel haben muß, um zum Range eines Continentes erhoben zu werden. Man rechnet gegenwärtig 4 Ländercomplexe zu den Continenten, nämlich die alte Welt, welche die Welttheile Europa, Asien und Afrika umfaßt, die neue Welt oder Amerika, Neuholland und endlich die um den Südpol gelagerte Ländermasse, welche den Namen des südlichen Continentes führt, übrigens im Innern gar nicht, am Rande nur sehr bruchstückweise erforscht ist.

Einen Uebergang von den Festländern zu den Inseln bildet Grönland, dessen ganze Größe man zwar noch nicht kennt, von dem man aber zur Zeit doch so viel weiß, daß es von dem übrigen Amerika getrennt ist.

Die kleineren Gebiete festen Bodens auf der Erde, die Inseln existiren in großer Anzahl, theils in Gruppen (Inselmeer, Archipelagus) bei einander, theils einzeln. Sie sind zwar sämmtlich Stücke eines und desselben Bodens, der bald von Wasser bedeckt ist, bald als Land darüber hervorragt, doch ist man gewohnt, sie in zwei allerdings nicht vollkommen scharf getrennte Systeme einzutheilen, je nachdem ihr Zusammenhang mit dem einen oder dem andern Festlande in's Auge fällt, oder nicht. Die ersteren sind nur durch verhältnißmäßig wenig tiefes Meer von dem Continente getrennt und sind in ihrer Zusammen=

setzung dem gegenüberstehenden Theile des letzteren entsprechend, oder fassen wie ein Gürtel dessen Küsten ein. Man nennt sie continentale Inseln, und zu ihnen gehören die europäischen. So sind die britischen Inseln ihrer ganzen Natur nach nur Fortsetzungen von Frankreich, mit dem wenigstens die östliche, England und Schottland umfassende in einer Zeit noch verbunden war, die nur wenig über die sogenannte historische reicht, vielleicht nicht über das Alter der ersten ägyptischen Bauwerke sich hinauserstreckt. Einen sehr deutlichen Gürtel von continentalen Inseln sehen Sie im Süden und Osten von Asien. Die andere Art von Inseln, die der pelagischen, ist weit entfernt von allem Festlande, da und dort im Ocean gelegen. Diese Inseln sind in Gestalt und Lage unabhängig von jedem Continente, sind Welten für sich. Manche dieser Inseln haben sogar einen Gürtel von andern um sich herum, der sich ihren Umrissen gerade so anschmiegt, wie die vorgenannten denen der Continente. Es findet hier ein ähnliches Verhältniß Platz, wie wir es auch am Himmel beobachten. Betrachten Sie einen Planeten als Continent, so ist der Trabant, der ihn umkreist, analog der von dem Festlande abhängigen Insel. Wie die Planeten verschieden sind in ihrer Größe, so sind es auch die Continente. Unter ihnen gibt es aber auch solche, welche kleiner sind, als der kleinste Trabant, und die dennoch in ihrer Bewegung nicht weniger selbständig sind als Jupiter. Diese kleinen Planeten sind die Asteroiden und ihnen entsprechen die kleinen Continente auf der Erde, die pelagischen Inseln.

Die Gestalt der Linien, in welchen die Theile festen Bodens an die der Wasserfläche grenzen, ist eine durchaus unregelmäßige, und hat bisher den verschiedensten Versuchen, in Gestalt und Lage der verschiedenen Continente eine Gesetzmäßigkeit zu finden, gespottet. Es dürfte wohl auch ferner vergebliche Mühe sein, eine solche Gesetzmäßigkeit zu suchen, wenn man sich nicht damit begnügen will, zur Unterstützung des Gedächtnisses sich an ganz allgemeine Normen zu halten.

Gäbe es gar kein Meer auf der Erde oder könnte man, sei es durch was immer für ein Mittel, das Gesammtrelief der festen Oberfläche bestimmen, so wäre es denkbar, daß irgend eine Gesetzmäßigkeit zum Vorschein käme; aber die tägliche Er=

fahrung lehrt, daß Querschnitte, die man sich in verschiedener Höhe durch einen Berg gelegt denkt, verschiedene Gestalt haben, und jeder Berg würde, wenn bis zu verschiedenen Höhen unter Wasser gesetzt, jedesmal eine anders geformte Uferlinie bieten. Genau so wäre die Karte unserer Erde eine durchaus andere, wenn das Meer um nur 100 Fuß höher hinaufreichen würde, und so wenig man aus der Gestalt eines Berggipfels allein die Form eines ganzen Berges beurtheilen kann, so wenig wird es uns gelingen, das ganze Relief des festen Bodens zu ergründen, denn wir befinden uns eigentlich auf Anhöhen, deren Fuß in den uns unzugänglichen Tiefen des Meeres begraben liegt.

Da allgemeine Regeln nicht vorhanden sind, bleibt uns zur genaueren Kunde der Oberflächengestalt der Erde nichts übrig, als die Natur möglichst oft zu befragen, d. h. Beobachtungen zu machen.

Die Lage irgend eines Punktes ist uns gegeben durch die geographische Lage, nämlich Länge und Breite, und durch die Höhe. Erstere habe ich bereits in einem der vorausgehenden Briefe besprochen; erlauben Sie mir nun, etwas genauer auf die letztere einzugehen.

Die Höhe einer senkrechten Mauer bestimmt man mit Hülfe eines Senklothes, das man oben befestigt, dann bis auf den Boden reichen läßt und die Länge der Schnur abmißt, an der es hängt. So einfach dieses Verfahren ist, so selten läßt es sich in der Natur in Anwendung bringen, denn es setzt voraus, daß die Höhe zugänglich sei, und, was viel seltener vorkommt, daß man ein Senkloth überhaupt ziehen kann. Letztere Bedingung ist nur bei Felsen möglich, die senkrecht oder oben überhängend ins Meer ragen, und in allen andern Fällen muß daher ein anderes Verfahren eingeleitet werden, wenn die Höhe gemessen werden soll.

Kann man den Gipfel eines zu messenden Berges nicht ersteigen, so wird von den 2 Fernrohren in Fig. 2 das eine (L) horizontal, das andere (L′) gegen den Gipfel des Berges gerichtet. Man kann sich jetzt ein Dreieck aus folgenden Seiten construirt denken:

1. Von dem Auge des Beobachters nach dem Gipfel des

Berges geht eine gerade Linie, deren Richtung durch die Richtung von L' angegeben wird.

2. Eine horizontale Linie geht von dem Beobachtungsorte zu einem senkrecht unter dem Berggipfel gelegenen Punkte, der in gleicher Höhe mit dem Beobachtungsorte ist.
3. Eine den Berggipfel und den in 2 genannten Punkt verbindende Gerade steht senkrecht und ihre Länge gibt die Höhe des Gipfels über dem Beobachtungspunkte.

Der Winkel zwischen 1 und 2 wird an dem Instrumente als Winkel zwischen L und L' abgelesen, der Winkel zwischen 2 und 3 beträgt, da beide auf einander senkrecht stehen 90 Gr. Man kennt sohin in dem Dreiecke 2 Winkel und erfährt man dazu noch die Länge einer der Seiten 1 oder 2, so läßt sich durch Rechnung 3 finden. Es sei der Berggipfel der Punkt C der Fig. 16, der Beobachtungspunkt A, so hat man nur in der Nähe von A einen zugänglichen Punkt B zu suchen und seine Entfernung von A zu messen und man erhält die Entfernung von A nach dem Gipfel C genau nach dem S. 73 gegebenen Verfahren.

Auf diese Weise wird gefunden, wie viel der Gipfel höher liegt als der Beobachtungsort, eine Differenz, die man mit den Worten *relative Höhe* bezeichnet, während man unter *absoluter Höhe* die Entfernung eines Punktes von der idealen Meeresfläche versteht. Die erstere Angabe gibt ein gutes Maaß für das Imponirende eines Berges, denn dieser erscheint um so bedeutender, je höher er den Standpunkt des Beobachters überragt; sie wird aber auch für denselben Berg je nach dem Standpunkte wechseln, und wenn man sich ihrer allein bedienen wollte, kämen die verschiedensten Angaben zum Vorschein, denn je höher man steht, um so niedriger muß der Berg erscheinen. *Aus diesem Grunde ist die Bestimmung der Höhe, wenn nicht ausdrücklich das Gegentheil angegeben ist, immer die der absoluten.* Um die absolute Höhe des gemessenen Berges zu finden, muß die absolute Höhe des Beobachtungspunktes zu der relativen des Gipfels addirt werden, denn wenn Sie z. B. wissen, daß der gegebene Gipfel 2000 Fuß über Ihrem Standpunkte liegt (relative Höhe), daß Sie selbst aber 1000 Fuß über deren Meeresfläche sind, so muß die

absolute Höhe des Berges 3000 Fuß betragen. Es folgt hieraus, daß nach der Feststellung der relativen Höhe eines Berges die absolute des Standpunktes zu suchen ist, und weil man diese direct nicht bestimmen kann, ist nothwendig, daß durch Wiederholung des Verfahrens die relative Höhe von A in Bezug auf einen andern Standpunkt gefunden werde, bis man endlich bis an irgend eine Meeresküste gelangt, wo die bestimmte Höhe zugleich die absolute ist.

Sie sehen, das Verfahren ist ein sehr langwieriges und ließe sich, wenn man in einem Binnenlande weit vom Meere und oft eingeschlossen von wilden Völkerschaften eine Messung macht, mit dem besten Willen nicht durchführen. Darum brauchen wir noch eine andere Methode, um die absolute Höhe wenigstens des Standpunktes unmittelbar bestimmen zu können, und eine solche Methode wird durch das Barometer vermittelt.

Die Erde ist bekanntlich mit einer Hülle von Luft, der Atmosphäre, umgeben. Die Luft ist der Schwere so gut unterworfen als andere Körper, sie hat aber, weil ihre einzelnen kleinsten Theile sich in weiten Abständen von einander befinden, bei verhältnißmäßig großem Volumen nur ein geringes Gewicht. Denkt man sich die ganze Hülle von Luft in eine Anzahl von über einander befindlichen Schichten zerlegt, so wird, da eine auf der andern liegt, die unterste den Druck aller auszuhalten haben und dieser Druck wird auf den Körper fortgepflanzt, der der ganzen Luft als Unterlage dient. Setzen wir den Fall, statt der Luft sei die Erde mit Quecksilber umgeben, so würde der von diesem ausgeübte Druck so viel mal größer sein, als das Quecksilber mehr wiegt als ein gleicher Raumtheil von Luft; wäre aber die Quecksilberschichte verhältnißmäßig niedriger, so wäre der Druck des Quecksilbers derselbe wie der der Luft. Im Barometer haben wir eine Röhre, die oben geschlossen, unten etwas gebogen ist; füllt man die Röhre mit Quecksilber und stellt sie aufrecht, so wird vermöge des Druckes der obern Lagen auf die untere die Flüssigkeit bei dem kurzen Ende herausdringen, weil aber auf dieser Seite die Luft auf dem Quecksilber lastet, wird dem Ausdringen desselben ein Hinderniß in den Weg gelegt. Das Quecksilber für sich würde aus der Röhre herauslaufen, die Luft für sich würde das Quecksilber ganz in

diese hineindrücken, und sind beide Wirkungen einander gleich, so findet weder das eine noch das andere statt. Der Druck der Quecksilbersäule in dem Barometer ist gerade so groß als der der Luft außerhalb, und bei wachsendem Luftdruck steigt, bei abnehmendem fällt das Barometer. In größeren Höhen hat man weniger Luftschichten über sich, als unten, also muß mit wachsender Höhe das Barometer fallen. Aus dem abnehmenden Stande des Quecksilbers im Barometer schließt man auf die Luftschichten, die man unter sich hat, und daraus auf die Höhe des Beobachtungsortes.

Ist die Aufgabe gestellt, die Höhe eines Berggipfels, der unbesteigbar mit tenim Binnenlande liegt, zu bestimmen, so verbindet man die letztere Methode mit der ersten.

Die Länge des ganzen Barometers beträgt etwas über 30 Zolle und sein Hauptbestandtheil ist eine mit Quecksilber gefüllte Glasröhre. Die Unbequemlichkeit und Zerbrechlichkeit dieses Instrumentes, die namentlich bei Bergbesteigungen sehr zu berücksichtigen sind, haben den Wunsch rege gemacht, ein hiezu geeigneteres Werkzeug zu finden, und ein solches ist das Thermometer. Das in Dampf verwandelte Wasser hat das Bestreben, sich auszudehnen und es übt, weil es die es einschließenden Gegenstände wegzuschieben sucht, einen Druck auf diese aus. Der Mensch hat in der Dampfmaschine sich diese Eigenschaft dienstbar gemacht, die aber, wie die Dampfkesselexplosionen zeigen, gelegentlich die Ketten abwirft. Drückt man Wasserdampf in einem geschlossenen Raume zusammen, so wird er wieder zu Wasser, aber die Kraft, die dieses zu bewerkstelligen nothwendig ist, wächst mit steigender Temperatur. Beobachten Sie das in einem Gefäße siedende Wasser, so werden Sie finden, daß die Dampfblasen auf dem Boden sich bilden und dann in die Höhe steigen. Auf dem Boden drückt aber die ganze Wassersäule und auf dem Wasser liegt die Luft, der Wasserdampf muß mithin so viel Spannkraft haben, als nothwendig ist, um diese Hindernisse überwinden zu können, denn hat er diese nicht, so wird die Blase, so wie sie sich bildet, von der über ihr stehenden Last, wieder zusammengedrückt. Je kleiner der auf dem Wasser lastende Druck ist, um so geringer braucht die Spannkraft des Dampfes

zu sein, um ihn zu überwinden, und weil diese mit der Temperatur wächst, siedet das Wasser unter geringem Drucke leichter als unter hohem. An der Meeresküste siedet das Wasser bei der Wärme 100° C, in dem 2075 Meter hohen Hospiz des St. Gotthard schon bei 92° 9.

Die Beobachtung der Temperatur des siedenden Wassers gibt ein Mittel den Luftdruck und dadurch die Meereshöhe des Beobachtungsortes zu bestimmen.

Die Höhenmessungen beruhen nach dem Vorhergehenden auf der Triangulation, den Barometer- und den Siedepunktsbestimmungen, welche beiden letzteren wieder auf der Messung des Luftdruckes basiren; sie sind übrigens sämmtlich nicht so genau, als man wünschen möchte, weil die zwischen der untern Station und dem Gipfel befindliche Luft in Beziehung auf Wassergehalt, Wärme, Strahlenbrechung u. s. w. beständig Veränderungen erleidet, die man nur näherungsweise kennt, so daß einzelne Höhenmessungen bis zu einem Procente und darüber fehlerhaft sein können.

Durch Messung der Höhe von möglichst vielen Punkten, deren Länge und Breite bekannt ist, erhalten wir das Relief, die *physische Oberfläche* der Erde.

Neunter Brief.

Die Dichtigkeit der Erde.

Wenn Sie ein Stück Holz oder irgend einen Körper in die Hand nehmen, so werden Sie fühlen, daß es, indem es sich der Erde zu nähern strebt, auf Ihre Hand eine gewisse Wirkung ausübt, die wir mit dem Worte *Druck* bezeichnen wollen. Diese Erscheinung ist eine Folge der allgemeinen Eigenschaft der Körper sich gegenseitig zu nähern, der Schwere. Ueberall, wo ein Körper, sei es unter was immer für einer Gestalt, sei es in was immer für einem Orte des Weltenraumes, sich befindet, ist diese Wirkung vorhanden. Ziehen demnach je

2 Körper sich an, so wird diese Anziehung um so größer sein, je mehr materielle Substanz diese beiden haben, denn es läßt sich leicht jeder Körper als das Aggregat von einer großen Menge von Atomen denken, von denen jedes seinen Theil zu der ganzen Wirkung beiträgt.

Auf diese Weise wird jeder der beiden Körper sich in der Richtung gegen den andern zu bewegen suchen; aber je mehr der eine Masse hat, um so schwerer wird er sich bewegen und es nähert sich darum der weniger Masse besitzende dem andern, um so mehr, je mehr dieser ihm überlegen ist. Geht z. B. ein Seil von einem größeren Schiffe zu einem kleineren, und windet man dieses Seil auf, so müssen die beiden Schiffe sich einander nähern; doch geht dabei das kleinere Schiff schneller als das größere. Betrachten wir nun die Erde und einen Gegenstand auf ihr, so wird die Erde sich dem Gegenstande und dieser sich ihr zu nähern streben, weil aber die Erde an Masse selbst dem größten Felsblocke unendlich überlegen ist, so wird es scheinen, als gehe blos der Block, er fällt.

Steht einem fallenden Gegenstande ein Hinderniß im Wege, so wird er es wegzuschieben suchen, d. h. er drückt darauf, weil aber 100 Theile hundertmal so stark drücken müssen als ein Theil, wird der Druck um so größer sein, je mehr Theile, d. i. Masse der fallende Gegenstand hat. Dieser Umstand wird allgemein benutzt, um die Masse eines Körpers zu bestimmen. Der von ihm auf seine Grundlage ausgeübte Druck heißt sein Gewicht und die Wage ist das Werkzeug, womit dieser Druck bestimmt wird, denn man vergleicht ihn mit einem andern, den ein als die Einheit des Druckes hervorbringender angenommener Körper auf der andern Wagschale ausübt.

Des allgemeinen Gebrauches wegen ist nun gesetzlich ein bestimmter Druck, die Wirkung einer willkürlichen Menge von materieller Substanz als Gewichtseinheit genommen und mit einem bestimmten Namen bezeichnet. Da die Einheit ganz willkürlich ist, sind auch, wie bei den Längenmaaßen, in den einzelnen Ländern verschiedene Gewichtseinheiten angenommen worden, und es geht in neuerer Zeit das Bestreben der Regierungen dahin, in die gegenseitigen Beziehungen der Normalgewichte soviel als möglich Harmonie zu bringen.

Bringen Sie nun ein Stück eines Körpers, etwa Holz, in eine Wagschale, so können Sie dadurch, daß Sie Gewichte in die andere Schale legen, den Druck des Holzes bestimmen. Nehmen Sie statt des ersten Stückes ein zweites noch einmal so großes, so wird das Gewicht das doppelte sein, und Sie schließen daraus, daß das zweite Holzstück noch einmal so viel Masse enthält als das erste. Ersetzen Sie nun das Holz durch ein gleich großes Stück Blei, so wird die Schale, in der sich das Blei befindet, alsbald sinken und Sie müssen, um Gleichgewicht zu erhalten, auf der andern Seite noch mehr Gewicht auflegen.

Die Ursache der Erscheinung, daß Blei mehr wiegt als ein gleich großes Stück von Holz, kann von zweierlei Art sein. Entweder zieht die Erde eine Anzahl von Bleitheilchen stärker an, als eben so viele Holztheilchen oder mit andern Worten die Anziehung zwischen Blei und der Erde ist größer als die zwischen Holz und der Erde, oder es können in einem Stücke Blei mehr Theilchen sein als in dem gleichen Volumen von Holz.

Die Schwingungen des Pendels werden durch die Anziehung verursacht, welche die Erde auf die Masse des Pendels, die wir uns in der Linse vereinigt denken wollen, ausübt. Gesetzt, es wiege diese Linse ein Pfund, so wird das Pendel, um einmal zu schwingen, eine bestimmte Zeit gebrauchen, die von der anziehenden Wirkung der Erde auf das Pfund und von der Länge des Pendels abhängt. Machen wir die Linse zehnmal so schwer, so wird die Anziehung auf jedes einzelne Pfund so groß sein, wie vorher auf das ganze Pendel, sie ist mithin jetzt zehnmal so groß als vorher; aber wenn im vorigen Falle ein Pfund hin- und hergehen mußte, müssen dieses jetzt zehn thun, und da eine zehnmal so große Kraft nöthig ist, um zehn Pfunden dieselbe Geschwindigkeit zu geben, die ein Pfund von der einfachen Kraft bekommt, so folgt hieraus, daß eine Vergrößerung des Gewichtes eines Pendels die Bewegung desselben weder beschleunigt noch vergrößert.

Die Anziehung, welche die Erde auf die Bestandtheile des Pendels ausübt, veranlaßt dessen Schwingungen; ist die Anziehung größer, so werden die Schwingungen schneller und um-

gekehrt, und es beruht hierauf, wie ich Ihnen bereits in einem früheren Briefe gezeigt habe, eine Methode, die Gestalt der Erde zu bestimmen.

Gesetzt, wir haben 2 gleich lange Pendel, an deren einem die Linse aus Holz, an deren anderem eine eben so große Linse von Blei ist. Uebt die Erde auf das Blei eine größere Anziehungskraft aus, so läuft das Bleipendel schneller, weil alsdann der zuletzt angegebene Fall eintritt; ist dagegen bei dem Blei nur eine größere Zusammendrängung der einzelnen Theilchen Schuld des größeren Gewichtes, so gehen beide Pendel gleich schnell.

Die Erfahrung gibt, daß der letztere Fall vorhanden ist, denn ein Pendel von Holz schwingt (im luftleeren Raume) gerade so schnell, als eines von Blei, die Pendel mögen leicht oder schwer sein, wenn sie nur gleich lang sind und an demselben Orte sich befinden.

Nach dem Pendelversuche entstehen mithin die verschiedenen Gewichte, die 2 gleich große Stücke von Holz und Blei besitzen, nicht von einer Art von Bevorzugung, die das Blei vor dem Holze genießt, sondern nur davon, daß bei dem Blei die einzelnen kleinsten Theilchen einander näher liegen, daß das Blei d i c h t e r ist als das Holz.

Die Differenz in der Dichtigkeit besteht nicht nur zwischen den verschiedenen Stoffen, sondern ein und derselbe Gegenstand kann je nach Umständen seine Dichtigkeit ändern, da diese wächst, wenn man den Körper zusammenpreßt oder abkühlt. Um nun die Dichtigkeit der einzelnen Körper unter einander vergleichen zu können, nimmt man die des reinen Wassers, dessen Temperatur 4,1 Grad C. ist, als Einheit an und bemerkt durch Zahlen, wie vielmal ein Volumen des gegebenen Körpers mehr wiegt als ein gleiches Volumen Wasser, so z. B. hat das Blei die Dichtigkeit oder, wie man sich auch ausdrücken kann, das specifische Gewicht 11,4, es ist mithin 11,4 mal so dicht als Wasser; Kork dagegen hat die Dichtigkeit 0,24, wiegt also nur 24 Hunderttheile eines gleichen Volumens Wasser.

Man kann die Größe des specifischen Gewichtes eines Körpers ganz leicht finden, wenn man sein Volumen kennt. Ist dieses z. B. ein Cubikzoll, so braucht man ihn nur zu

wiegen, dann das Gewicht eines gleichen Raumtheiles Wasser zu suchen, und das Verhältniß beider, d. h. die Zahl, welche man erhält, wenn man das erste Gewicht durch das zweite dividirt, ist die gesuchte Dichtigkeit.

So einfach diese Sache ist, so selten sind die Fälle, wo man dieses Verfahren anwenden kann, denn meistens sind die Körper von so unregelmäßiger Form, daß ihr Volumen sich nicht genau angeben läßt, und man muß sich daher auf andre Weise zu helfen suchen.

Gießt man Wasser in ein Gefäß, so wird dieses Wasser sich der Erde soweit nähern, als die Gefäßwandungen es zulassen. Legt man nun einen Stein in dieses Wasser, so wird dieser zu Boden sinken, er wird einen seinem Volumen gleichen Raumtheil Wasser verdrängen und das Gefäß ist um so viel voller als vorher. Sollen Wassertheilchen von einem Orte unter der Oberfläche verdrängt werden, so muß man so viel Kraft anwenden, als die Wirkung der Schwere auf sie beträgt, denn die Schwere war eben Veranlassung, daß das Wasser an dem angegebenen Orte sich befindet. Die Wirkung der Schwere ist aber ihr Gewicht.

Es erfährt mithin der Stein und so jeder andere Körper, wenn er ins Wasser getaucht wird, einen Widerstand, der dem Gewichte des Wassers gleichkommt, das er verdrängt. Dieser Widerstand geht auf Kosten seines eigenen Gewichtes, und er wird daher an diesem um so mehr verlieren, je mehr Wasser er verdrängt, d. i. gezwungen hat, eine der Richtung der Schwerewirkung entgegengesetzte Bewegung zu machen; denn wirft man einen Gegenstand ins Wasser, so steigt dessen Niveau, ein Theil des Wassers hat sich nach oben bewegt. Man erhält daher das Gewicht des Wassers, welches eben so viel Raum einnimmt, als der zu bestimmende Körper, wenn man diesen zuerst in der Luft wiegt, dann an einem Faden in Wasser hängt und wieder wiegt. Die Differenz beider Wägungen gibt das Gewicht des verdrängten Wassers an. Wiegt z. B. ein Körper in der Luft 3 Loth, im Wasser 2, so wiegt ein ihm gleiches Volumen Wasser 1 Loth und er selbst ist dreimal so dicht als das Wasser.

Der Entdecker dieses Principes ist Archimedes, der, einer der berühmtesten Mathematiker des Alterthums, um das Jahr 287 vor Christus geboren wurde und am Hofe des Königs Hiero von Syrakus lebte. Die alten Schriftsteller erzählen hiervon folgende Anekdote.

Der König hatte einem Goldschmiede eine vorgewogene Menge reinen Goldes gegeben, um eine Krone daraus zu machen. Als die Krone fertig war, entstand der Verdacht, der Künstler habe einen Theil des Goldes für sich behalten und durch ein gleiches Gewicht von Silber ersetzt. Der König wollte die schön gearbeitete Krone nicht zerstören lassen, hätte aber doch gern gewußt, ob er betrogen worden sei oder nicht, und Archimedes, der über alle derartige Gegenstände Auskunft zu geben hatte, sollte nun Mittel und Wege dazu angeben. Er konnte längere Zeit den Schlüssel zur Lösung des Problems nicht finden. Einst ging er, in Gedanken damit beschäftigt, in ein Bad und fand da, daß alle Körper im Wasser an Gewicht verloren. Vor Freude über seine Entdeckung rief er aus: „Ich habe es gefunden! Ich habe es gefunden!" sprang aus dem Bade und eilte nach Hause. Dort angekommen fand er, daß reines Gold etwas weniger als $^1/_{19}$, Silber etwas weniger als $^1/_{10}$ des ursprünglichen Gewichtes im Wasser verlor, und er konnte nun nicht nur bestimmen, daß, sondern auch wie viel der Goldarbeiter betrogen hatte, denn ein Gemenge von Gold und Silber muß im Wasser einen Verlust an seinem Gewicht erleiden, der zwischen $^1/_{19}$ und $^1/_{10}$ beträgt, und sich diesen beiden Grenzen um so mehr nähert, je weniger das eine Metall Beimischung des andern enthält.

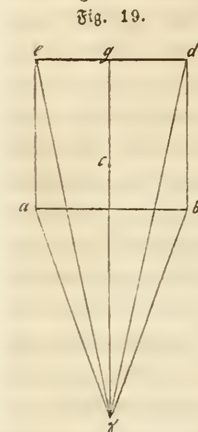
Durch Eintauchen in Wasser läßt sich die Dichtigkeit der festen Körper, die schwerer sind als Wasser, unmittelbar festsetzen. Diejenigen Stoffe, welche leichter sind, werden mit einem schwereren Gewichte verbunden, welches sie zum Untersinken bringt und dann der Verlust, den dieses Gewicht für sich allein erleidet, von dem beobachteten Gesammtverluste abgezogen. Der Rest ist der Verlust des leichten Körpers allein. Bei Flüssigkeiten wird ein Glas von beliebiger Größe, dessen Gewicht aber bekannt ist, mit dem zu untersuchenden Stoffe gefüllt und dessen

Gewicht gesucht, dann füllt man das Glas mit Wasser, wiegt wieder und vergleicht die gefundenen Gewichte.

Die Angabe der mittleren Dichtigkeit der Erde geschieht in derselben Weise, in der man die der einzelnen Stoffe bezeichnet; doch ist, weil man die Erde nicht in Wasser tauchen kann, die Bestimmung dieser Dichtigkeit eine weniger einfache.

Sei (Fig. 19) das Quadrat a b d e der Durchschnitt eines mit irgend einer materiellen Substanz ausgefüllten Körpers,

Fig. 19.



der auf den Punkt γ eine Anziehung ausübt, so werden nicht nur einzelne Theile desselben, sondern alle ohne Ausnahme in Thätigkeit sein. Der Theil, der in a sich befindet, zieht den Gegenstand γ in der Richtung aγ, der Theil b in der Richtung bγ an, weil aber γ nicht nach 2 Richtungen zu gleicher Zeit gehen kann, und auch kein Grund vorhanden ist, warum γ den einen oder den anderen Theil begünstigen sollte, heben sich die 2 Seitenrichtungen, als sich entgegengesetzt, auf, und beide Theile, a und b, wirken noch so, als wären sie nicht unmittelbar thätig, sondern als befänden sie sich an einer Stelle, die auf der Linie gγ zwischen c und γ liegt. In gleicher Weise geht es mit e und d, so wie auch mit allen andern Theilen des Körpers, und es ist die Erscheinung nun gerade so, als wären sie alle auf der Linie γg vertheilt. Die Anziehung ist nicht in allen Entfernungen gleich, sie nimmt ab, wie das Quadrat der Entfernung wächst, und beträgt daher in dem doppelten Abstande nur ein Viertheil der ursprünglichen Größe. Diejenigen Punkte, die zwischen c und γ sind, werden daher stärker wirken, als die zwischen c und g liegenden, aber 2 in verschiedenen Entfernungen, aber gleicher Richtung liegende werden eine Wirkung ausüben, die derjenigen gleich ist, die sie hätten, wenn sie beide an einer zwischenliegenden Stelle wären, und indem man so je zwei zu einem zusammenlegt, ergiebt sich endlich, daß alle Theile zusammen so anziehen, als wären sie insgesammt an einer Stelle c vereinigt, welche wir den Mittelpunkt der An-

ziehung nennen wollen. Mit Hülfe der höheren Mathematik lassen für regelmäßige Körper diese Summirungen sich ausführen; bei unregelmäßigen Gegenständen muß man sich mit einer Annäherung begnügen, deren Ungenauigkeit wächst, je mehr der Körper von der regelmäßigen Gestalt abweicht. Bei der Kugel, die überall gleich dicht ist, ist der Mittelpunkt der Anziehung im Mittelpunkte der Kugel selbst, und dieser Satz bleibt noch richtig, wenn die Kugel, wie etwa eine Zwiebel, aus verschiedenen Schichten besteht, wenn nur diese in ihrer ganzen Ausdehnung gleichmäßig sind. Bei dem Ellipsoide ist, wie ich Ihnen bereits gezeigt habe, die Sache schon anders. Die innere Kugel hat ihren Mittelpunkt der Anziehung in C, der Anziehungsmittelpunkt des Ringes dagegen liegt zwischen C und a_1 (Fig. 18). Ist die Entfernung des angezogenen Gegenstandes, bei dem der Mittelpunkt der Anziehung gefunden ist, im Verhältnisse zu den Dimensionen von a b d e sehr groß, so kann man auch ohne großen Fehler den Anziehungsmittelpunkt in den Schwerpunkt verlegen.

Die älteste Bestimmung der mittleren Erddichte ist die von Hutton und Maskelyne an dem Berge Shehallion in Pertshire ausgeführte. Dieser Berg eignet sich, vermöge seiner vergleichsweise regelmäßigen Gestalt und Zusammensetzung vorzugsweise zu einer genaueren Bestimmung des Anziehungsmittelpunktes, und seine isolirte Lage befreit den Beobachter von der mühsamen Aufsuchung der störenden Einflüsse der Nachbarberge.

In der Nähe dieses Berges sei an dessen nördlicher Seite ein Gewicht an einem Faden (ein Senkloth) aufgehängt. Dieses würde gegen den Mittelpunkt der Anziehung der Erde gerichtet sein, wenn der Berg nicht da wäre; wäre aber der Berg allein vorhanden, oder die Erde unwirksam, so müßte das Senkloth gerade gegen den Anziehungsmittelpunkt des Berges hin zeigen. Da aber sowohl Berg als Erde thätig sind, muß eine Mittelrichtung zum Vorschein kommen, die sich um so mehr der einen oder der andern der vorhergenannten nähert, je größer die betreffende Anziehung ist. Ein Senkloth wird auf diese Weise etwas nach Süden abgelenkt, und wenn man an diesem in die Höhe sieht, wird der gestirnte Himmel sich anders

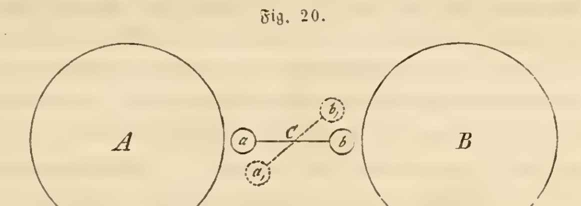
darstellen, als wenn man die Richtung des nicht abgelenkten Senklothes verfolgt. Man kann leicht berechnen, wie weit ein Stern von der gerade aufwärts gerichteten Gesichtslinie entfernt wäre, und die Beobachtung wird zeigen, daß diese Entfernung eine andere wird, wenn man die Richtung des abgelenkten Senklothes nimmt. Der Stern wird etwas nach Süden gerückt erscheinen; doch ist diese Ablenkung wegen der weitaus größeren Wirkung der Erde eine äußerst kleine. Befestigt man das Senkloth auf der Südseite des Berges, so ist die Ablenkung die entgegengesetzte und die Differenz beider Beobachtungen ist, wenn wir hier von dem nur sehr geringen Breitenunterschied der beiden Beobachtungspunkte absehen, gleich der doppelten Wirkung des Berges. Ist z. B. der Stern bei dem nördlichen Pendel 5 Secunden südlich von der Gesichtslinie, bei dem südlichen 5 Secunden nördlich davon, so beträgt die jedesmalige Ablenkung ebenfalls 5 Secunden, die Differenz beider Beobachtungen dagegen 10. Kennt man die Ablenkung des Senklothes, die Masse des Berges, den Ort seines Anziehungsmittelpunktes, so wie den des Erdanziehungsmittelpunktes, so giebt eine einfache Rechnung die Dichtigkeit, und da man die Größe der Erde kennt, das Gewicht derselben. Hutton und Maskelyne bestimmten die mittlere Erddichte zu 4,713.

Die ganze Untersuchung, die ich Ihnen soeben auseinandergesetzt habe, ist eine äußerst schwierige, denn die Bestimmung des Anziehungsmittelpunktes läßt selbst bei dem regelmäßigst gestalteten Berge und bei der sorgfältigsten Bearbeitung der Aufgabe immer sehr viel zu wünschen übrig. Außerdem ist die Bestimmung sehr kleiner Winkel immer eine mißliche Sache und die Wirkung der Erde ist im Verhältnisse zu der des wenn auch nahen Berges eine so große, daß die beiden Ablesungen der Sternstellung nur eine Differenz ergeben, als wäre der Stern um nicht ganz $^1/_{150}$ einer Vollmondsbreite hin- und hergerückt worden. Diese beiden Schwierigkeiten sind so bedeutend, daß es nur zu verwundern ist, wie Hutton und Maskelyne ein, wenn auch viel zu kleines, doch noch so genaues Resultat erlangen konnten, als dieses wirklich der Fall war. Viel genauere Resultate lassen sich von der zuerst von Caven-

dish, dann von Reich und Baily angewandten Beobachtungsmethode erwarten.

An einem senkrecht herabhängenden Faden ist ein horizontales Querholz und an dessen beiden gleich langen Armen sind 2 gleich schwere Kugeln angehängt, die sich sehr leicht um den herabhängenden Faden herumdrehen. Jeder dieser beiden Kugeln genau gegenüber sind 2 andere große und schwere befindlich. Stellt Fig. 20 dieses System von oben gesehen vor, so werden

Fig. 20.



die beiden Kugeln a und b in der durch die Zeichnung angegebenen Stellung sich ruhig verhalten; bringt man sie aber in die Stellung $a_1 b_1$, so werden sie sich in die Lage a b zurück zu begeben suchen und wie Pendel hin und her schwingen. Denken Sie, die Figur sei in der Mitte abgetheilt, die Kugel A stelle die Erde, a ein Pendel vor, das in C aufgehängt ist, so werden Schwingungen erfolgen, sowie man a nach a_1 bringt und dann sich selbst überläßt. Dasselbe wird geschehen, wenn B die Erde und b das Pendel ist. Unser Doppelpendel muß zwischen den Kugeln A und B schwingen, weil diese anziehend darauf wirken, wobei allerdings wieder der Umstand eintritt, daß die Wirkungen a B und b A eine Bewegung im entgegengesetzten Sinne hervorbringen würden; doch ist diese wegen der größeren Entfernung der bezüglichen Kugeln von einander kleiner als A a und B b. Aus der freilich ziemlich langen Zeit, welche während einer Schwingung vergeht, aus der Entfernung und Masse der Kugeln A und B wird bei Vergleichung mit der Schwingungszeit des Pendels auf der Erde die Dichtigkeit der letzteren abgeleitet.

Die Vortheile, welche diese Methode vor der vorhergehenden bietet, bestehen darin, daß die Wirkung der Erde auf das Pendel ganz entfernt ist, denn die Anziehung der Erde bringt

keine horizontalen Schwingungen hervor, und während bei der vorhergehenden Methode in der äußerst geringen Ablenkung des Senklothes neben der Wirkung der Erde eine Anziehung des Berges kaum zu bemerken ist, ist hier die gesammte beobachtete Wirkung Folge der Anziehung der Kugeln. Die Bestimmung des Anziehungsmittelpunktes und der Masse des anziehenden Körpers ist bei dem Berge eine sehr große nur näherungsweise zu lösende Aufgabe, bei den Kugeln eine ganz einfache Sache.

Die Dichtigkeit der Erde, nach der vorhergehenden Methode bestimmt, ist:

nach Baily	5,660
= Reich	5,577
im Mittel	5,6185;

die Erde ist mithin 5,6185 Mal so schwer als eine gleich große Kugel reinen Wassers wiegen würde, und ihr Gesammtgewicht beträgt über 13 Quadrillionen Pfunde.

Die Masse der Erde ist die Grundlage der Gewichtsbestimmung der übrigen Gestirne. In der ganzen Sternenwelt ist die unbedingte Herrschaft des materiellen Besitzthums eingeführt, und über je mehr Masse ein Stern zu gebieten hat, um so größer ist sein Einfluß unter den Genossen. Die Gesammtmasse der Erde zwingt den Mond, in einem Monat um sie herumzugehen, und wäre die Erde weniger schwer, so ließe sich der Mond mehr Zeit. Wenn nun Jupiter oder ein anderer Planet der Beobachtung zufolge ihre in den betreffenden Entfernungen befindlichen Trabanten in einer größeren oder kleineren Zeit um sich herumgehen lassen und mithin auf sie eine größere oder geringere Wirkung ausüben als die Erde auf den Mond, so schließt man daraus auf das Verhältniß ihres Gewichtes zu dem der Erde, und in gleicher Weise wird das Gewicht der Sonne gefunden, die zu den Planeten sich verhält, wie diese zu den Satelliten. Aus diesem Grunde kennt man die Massen der mit Trabanten versehenen Planeten besser als die der anderen, deren Gewicht aus der Einwirkung auf die Nachbarplaneten oder auf einen gelegentlich vorbeiziehenden Kometen bestimmt werden muß.

Kennt man die Entfernung eines Sternes von der Erde, die Größe, unter der uns seine Kugel in dieser Entfernung

erscheint, und sein Gewicht, so findet man, da letzteres auf den größeren oder kleineren Stern als gleichförmig gedacht werden kann, sehr leicht die mittlere Dichtigkeit desselben. Lehrt die genauere Beobachtung, daß die mittlere Erddichtigkeit etwas anders ist, als man bisher angenommen hatte, so muß man das Gewicht aller anderen Sterne, über die Bestimmungen vorhandensind, ändern, um jedoch diesen Aenderungen nicht fort und fort ausgesetzt zu sein, giebt man in der Regel nicht an, wie sich die Dichtigkeit eines Sternes zu der des Wassers verhält, wie man dieses bei der Erde thut, man begnügt sich mit der Angabe, wievielmal der Stern dichter oder weniger dicht sei, als unser Planet, wie man auch die Entfernung der Planeten von der Sonne nicht in Meilen angiebt, sondern die Erdentfernung gleich 1 setzt.

Zehnter Brief.

Die strahlende Wärme.

Die tägliche Erfahrung lehrt, daß ein und derselbe Körper bald kalt, bald warm ist, und daß, wenn wir einen kalten Körper in die Nähe wärmerer bringen, derselbe seine Temperatur auf Kosten der Umgebung erhöht. Sei nun die Wärme was immer sie wolle, sie muß beweglich sein, und die genauere Beobachtung ergiebt, daß es zwei verschiedene Arten giebt, auf welche eine Wärmemittheilung geschehen kann.

Die erstere dieser beiden Bewegungsarten, deren Besprechung den Inhalt meines gegenwärtigen Briefes ausmachen soll, geschieht in ganz derselben Weise, mit welcher Sie bereits Herr Cotta bei dem Lichte bekannt gemacht hat. Der Aether, der die Uebertragung des Lichtes von einem Punkte der Welt zum anderen vermittelt, pflanzt durch seine Oscillationen nicht nur dieses, sondern auch die Wärme fort. Irgendwo auf der Welt geräth der Aether in Schwingungen, die weiter und weiter fortgehen, bis sie einen Körper treffen und dort ähnliche

Schwingungen hervorrufen, vermöge deren dieser Körper das wird, was wir warm nennen. Es ist jedoch Regel, daß der Körper einen Theil der auffallenden Strahlen durchläßt oder reflectirt, aber einen anderen Theil behält er jedesmal für sich. Die Fortpflanzung geschieht mit großer Geschwindigkeit und die Punkte, welche nach und nach an der Bewegung theilnehmen, liegen in einer geraden Linie, die wir Strahl nennen wollen. Ein warmer Körper, ein solcher also, in dessen kleinsten Theilchen solche, zwar nicht unserem Gesichtssinne, aber unserem Gefühle (als Wärme) wahrnehmbare Schwingungen stattfinden, sendet selbst wieder nach allen Seiten Strahlen aus, selbst noch wenn er kälter ist, als seine Umgebung, wie auch ein in der Sonne stehendes Kerzenlicht nach allen Seiten Licht abgiebt, auch wenn es weniger hell ist, als die Nachbarschaft, und erkaltet oder wird wärmer, je nachdem er nach außen hin mehr abgibt oder von da mehr erhält.

Man ist gewohnt, die Kälte als der Wärme entgegengesetzt zu betrachten; doch ist diese Vorstellung unrichtig, denn es kann sowenig etwas der Wärme Entgegengesetztes geben, als es ein solches für die Bewegung giebt. Das Aeußerste wäre gar keine Bewegung, gar keine Wärme, doch kommen auch solche Stoffe in der Natur nicht vor, denn sie müßten, wenn sie ja einmal vorhanden wären, durch die Wirkung ihrer Umgebung nach und nach in Oscillation gebracht werden.

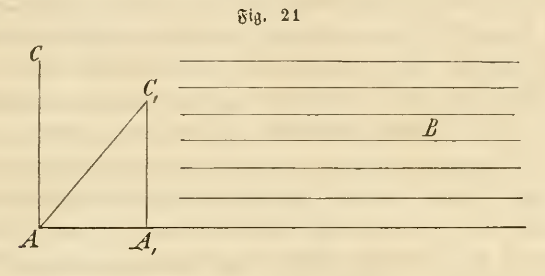
Wenn übrigens alle Körper das Vermögen haben, strahlende Wärme aufzunehmen und abzugeben, so geht dieses doch nicht bei allen gleich schnell, denn organische Körper, wie Holz, nehmen unter sonst gleichen Umständen mehr Strahlen auf, geben dafür aber auch mehr ab, als Steine und Metalle, und der Austausch geht bei ihnen schneller vor sich. Ein Körper mit schwarzer Farbe überzogen zeigt das Phänomen stärker, als wenn er eine helle Farbe hat, und ebenso ist dieses der Fall, wenn man seine Oberfläche rauh macht, während eine glatte Fläche der hellen Farbe entspricht. Sie wissen, daß ein kalter Körper, ins warme Zimmer gebracht, sich mit Wasserdunst beschlägt. Wenn in einer hellen Nacht die Oberfläche der Erde ihre Wärmestrahlen gegen den Himmel sendet, thut dieses die rauhe Spitze des Grasblattes in einem höheren Grade als der

glatte Stein, mehr als die Theilchen der Luft, und die Folge davon ist, daß ihre Temperatur tiefer sinkt, als die des Steines, die der Luft, und da sie nun wie ein kalter Körper im warmen Zimmer ist, sondert sich an der Spitze der Thautropfen ab, der bei gehöriger Kälte zum Reif gefriert.

Steht die Sonne am Himmel, so sendet sie mit dem Lichte auch Wärmestrahlen aus, und die getroffene Erdoberfläche wird dabei mehr gewinnen als verlieren, ihre Temperatur wird also erhöht. Ist dagegen in der Nacht die Sonne, unsere Hauptwärmequelle, unter dem Horizonte, so strahlt die Erde mehr aus, als sie bekommt, denn die Sterne ersetzen den Verlust nur zum Theil, sie kühlt daher in dieser Zeit ab, und die am Tage aufgespeicherte Wärme verschwindet wieder.

Stellt in Fig. 21 die Gerade AC die Richtung eines Brettes vor, auf welches die Sonnenstrahlen B fallen, so wird

Fig. 21

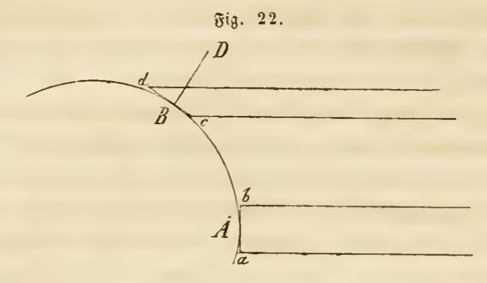


dieses bis zu einem gewissen Grade erwärmt werden. Dreht man dagegen das Brett in die Lage AC_1, so fallen nicht mehr so viele Sonnenstrahlen darauf, als vorher, sondern nur diejenige Menge, welche bei der vorigen Lage auf den Theil A_1C_1 gekommen wäre; da aber diese weniger zahlreichen Strahlen dennoch dasselbe Brett ausfüllen müssen, wird auch ihre Wirkung geringer ausfallen, als vorher. Je schiefer das Brett gestellt würde, um so mehr Strahlen gingen daran vorbei und um so geringer wäre mithin die Erwärmung.

Ist in Fig. 22 A ein Punkt des Aequators, ab eine dort befindliche horizontal liegende Fläche, so fallen alle durch die beiden Parallellinien abgegrenzten Sonnenstrahlen darauf. Für den Punkt B hat die horizontal liegende Fläche die Stellung dc und auf diese fallen nothwendig weniger Strahlen, da diese

aus derselben Richtung kommen, in der sie A erhält. A hat aber die Sonne im Zenith, und bei B, das sein Zenith in der

Fig. 22.



Richtung BD hat, steht die Sonne weniger hoch. Je höher mithin die Sonne steht, um so größer ist ihre Wirkung.

Wenn mit dem Anrücken des Sommers die Tage länger werden, und die immer höher steigende Sonne kräftiger und kräftiger wird, so geht in der kurzen Nacht nicht so viel Wärme verloren, als am Tage herbeikommt, es bildet sich daher durch diesen täglichen Zuschuß nach und nach ein Capital von Wärme, das so lange zunimmt, bis bei darauf folgender Abnahme der Tageslänge und Sonnenhöhe die Ausgabe der Einnahme gleich wird. Aus diesem Grunde haben wir auch die größte Wärme nicht dann, wenn die Nacht am kürzesten ist, am 21. Juni, sondern erst einen Monat später, denn so lange war die Tageswirkung der Sonne groß genug, um nicht nur den Nachtverlust zu decken, sondern noch etwas übrig zu behalten. Von nun an ist die Ausgabe stärker als die Einnahme, und darum nimmt die Wärme ab, bis bei zunehmender Tageslänge vom Neuen das Gleichgewicht hergestellt wird. Dieser Fall tritt im Januar ein, also wieder einen Monat später, als dem Sonnenstande zufolge erwartet werden sollte. Daher ist die größte Kälte im Januar, und das Sprichwort:

Wenn die Tage beginnen zu langen,
Kommt erst die Kälte gegangen.

Es könnte im ersten Augenblicke auffallen, daß die Januarsonne bereits im Stande ist, die Wärmeeinnahme mit der Ausgabe ins Gleichgewicht zu bringen, während die Augustsonne dieses schon nicht mehr vermag; doch verschwindet die-

ser scheinbare Widerspruch alsbald, wenn man bedenkt, daß ein wärmerer Körper mehr Wärme abgiebt, als in gleicher Zeit ein kälterer thut, denn die durch den Sommer erwärmte Erde hat einen weit größeren Verlust zu tragen, als die im Winter erkaltete.

Dasselbe Spiel findet in der kürzeren Periode von Tag und Nacht statt; auch hier ist die größte Wärme nicht Mittags, sondern ungefähr um 2 Uhr Nachmittags, die größte Kälte dagegen ist in der Frühe vor Sonnenaufgang, weil bis dahin die Nacht hindurch nur Ausgabe und keine Einnahme von Wärme erfolgt.

Die Wärme, welche die gesammte Erde in den einzelnen Tages- und Jahreszeiten erhält, ist constant, denn in unserem Sommer bekommt die Nordhalbkugel um dieselbe Quantität mehr als das Mittel, als die Südhemisphäre weniger erhält und umgekehrt, und um was bei uns der Tag kürzer oder länger ist, als 12 Stunden, das ist er bei unseren Antipoden länger oder kürzer. Nach Umfluß des ganzen Jahres hat jede Halbkugel ebensoviel Wärme von der Sonne erhalten, als sie durch eigene Strahlung an den Weltenraum abgegeben hat, denn ein halbes Jahr hatte sie mehr Einnahme als Ausgabe, ein halbes Jahr mehr Ausgabe als Einnahme, und die ganze Reihenfolge der Erscheinungen beginnt von Neuem.

Nehmen wir an, unsere Erde komme durch irgend eine Veranlassung der Sonne um einige hunderttausend Meilen näher und würde fortan in dieser größeren Nähe bleiben, so wäre allerdings die Folge davon eine größere Erwärmung durch die Sonne, allein eine entsprechende Abkühlung durch erhöhte Strahlung ließe nicht lange auf sich warten. Gesetzt, die Erwärmung würde alsdann so groß sein, daß dadurch in einem Jahre die Temperatur eines gegebenen Ortes um 2 Grade erhöht würde. Wird dieser Ort wärmer, so vergrößert sich auch die Ausgabe, und für den Fall, daß diese der Hälfte des Zuschusses gleich käme, so betrüge sie einen Grad. Unser Ort würde also das neue Jahr um einen Grad wärmer antreten, was mit dem neuen Jahresbeitrage der Sonne 3 Grade ausmacht. Im zweiten Jahre wäre die Ausgabe des wieder höher erwärmten Ortes um die Hälfte von 3, also um 1½ Grad,

gestiegen und der Zuwachs des zweiten Jahres wäre also nur $^1/_2$ Grad. Der Uebertrag auf das neue Jahr wäre $1^1/_2$ Grade, der neue Zuschuß 2, also das Ganze $3^1/_2$ und davon ab $1^3/_4$, woraus sich der Nettogewinn zu $^1/_4$ Grad entziffert. Im 4. Jahre wäre der Zuschuß $^1/_8$ u. s. f. bis er endlich nach einer Reihe von Jahren verschwindend klein würde. Nach langer Zeit wäre die wirkliche Wärmeerhöhung des Ortes $= 1 + {}^1/_2 + {}^1/_4 + {}^1/_8 + \ldots\ldots$ oder $= 2$ Graden.

Durch größere Annäherung an die Sonne würde die mittlere Wärme der Erde erhöht, allein mit der Zeit müßte eine der neuen größeren Einnahme gleiche größere Ausgabe zum Vorschein kommen, und die Temperaturzunahme könnte nie ins Unendliche wachsen. Bei einer größeren Entfernung der Erde von der Sonne würde eine Abnahme der Wärme um eine entsprechende Größe stattfinden. Da nun die Erde schon seit Jahrtausenden in der nämlichen Entfernung von der Sonne verharrt, so haben Einnahme und Ausgabe von Wärme sich schon längst ausgeglichen, und man kann darum ganz ruhig annehmen, daß die jährlich von der Sonne uns zugehende Wärme sich nicht aufhäuft, sondern Jahr für Jahr wieder fortgeht. Es möge übrigens hier die Bemerkung Platz finden, daß die eben angeführten Zahlen nur als Beispiele, nicht als wirkliche Beobachtungsresultate zu nehmen seien.

Eine andere Frage ist, ob die Sonne stets gleich viel Strahlen ausgesandt hat, so lange die historischen Zeiten zurückführen, denn würde die Thätigkeit der Sonne schwanken, so würde es natürlich auch die von ihr abhängige Erdwärme thun.

Direct läßt sich diese Frage weder bejahen noch verneinen, denn das Instrument, welches hier Auskunft geben soll, das Thermometer ist kaum ein paar Jahrhunderte alt, doch läßt sich indirect schließen, daß seit sehr langer Zeit in der Sonnenwärme keine Veränderung vor sich gegangen ist, denn das älteste Buch, welches wir haben, die 33 Jahrhunderte alte Bibel gibt uns hiezu Anhaltspunkte.

Die übereinstimmenden Beobachtungen neuerer Reisenden lehren, daß die Cultur der Weinrebe in den warmen Ländern aufhört, wenn die mittlere Jahreswärme 18° R. ist und daß die Cultur der Dattelbäume da beginnt, wo man die mittlere

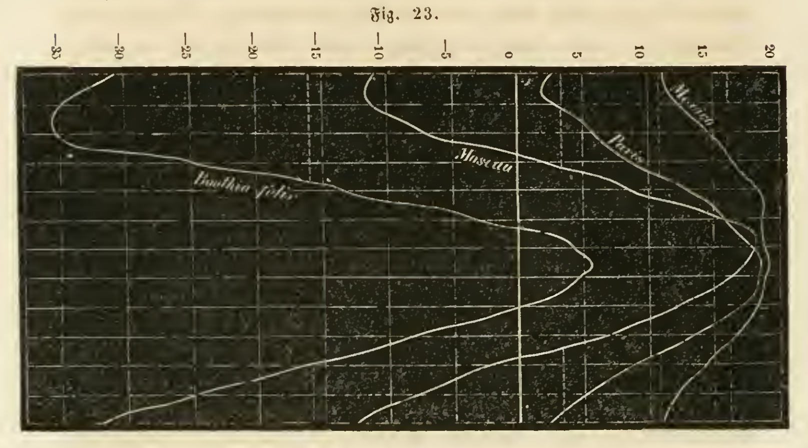
Temperatur von 17 Graden hat. Zwar kann man etwas südlicher von der ersten Grenze noch vereinzelte Weinstöcke finden und nördlich von der zweiten noch Dattelpalmen pflanzen, aber erstere geben noch keinen eigentlichen Weinbau und die letzteren reifen ihre Früchte nur in Ausnahmsjahren. Die Bücher Moses lehren, daß beide Gewächse gleichzeitig in Palästina angebaut wurden. Jericho heißt in den Büchern des alten Bundes die Palmenstadt, die Juden bereiteten aus den Datteln eine Art Honig, so wie auch geistige Getränke, und daraus läßt sich schließen, daß die Palmen im alten Palästina sehr häufig gewesen sein müssen. Die Juden hatten aber auch den Weinstock im Großen. Die von Moses zur Auskundschaftung von Kanaan ausgesandten Männer brachten daraus eine Traube zurück, die so schwer war, daß 2 Männer daran zu tragen hatten. Die Weinlese ging unmittelbar dem Tabernakelfest voran. Die Cultur der beiden genannten Pflanzen im Großen findet man noch im heutigen Palästina, Jerusalem hat eine mittlere Wärme von nahezu 17½° R., nördlich von Palästina hört der Palmbaum, südlich der Weinstock auf, die Weinlese ist noch jetzt wie früher im October. Bereits in meinem vierten Briefe habe ich Ihnen geschrieben, daß in den wärmeren Gegenden in der Mitte des April die Gerstenernte begann; dieses geschieht auch heute noch, und daraus läßt sich schließen, daß sich wenigstens in Palästina die Wärme nicht merklich geändert hat. Die Sonnenwirkung wird aber wohl nicht für Palästina allein gleich geblieben sein.

Die Unveränderlichkeit der mittleren Jahreswärme schließt eine Veränderlichkeit der Sonnenwirkung aus; doch können noch in Folge von localen Verhältnissen die einzelnen Jahreszeitentemperaturen wechseln. Es kann die Winterkälte strenger, die Sommerhitze stärker werden, wenn bedeutende Abholzungen, Trockenlegung von Sümpfen u. dgl. vorkommen; doch hat dieses mit unsrer Frage weniger zu thun, weshalb ich ein weiteres Eingehen hierauf unterlassen will.

Am Aequator ist der Tag das ganze Jahr hindurch 12 Stunden lang und jemehr man sich den Polen nähert, um so mehr weicht die Tageslänge im Sommer und Winter von diesem Mittel ab. Sieht man auch ganz von der verschiedenen

Höhe ab, bis zu welcher die Sonne sich in den verschiedenen Jahreszeiten erhebt, so folgt schon aus der verschiedenen Tageslänge allein, daß die Wärme des Sommers von der des Winters um so mehr verschieden sein muß, je näher ein gegebenes Land an einem der Pole liegt. Dieses Verhältniß ist durch nachstehende Fig. 23 versinnlicht, welche

Fig. 23.



den Temperaturgang einiger Orte darstellt. Die am Rande befindlichen Ziffern entsprechen den Temperaturen nach Celsius; die punktirten Linien geben die jeweilige Mittelwärme an. Es ist hier jedoch stets nur von einem Durchschnittswerthe die Rede, denn in einzelnen Jahren können die Resultate sehr bedeutend davon abweichen.

Wäre die Erdoberfläche überall gleichartig, so müßten alle in gleicher Breite liegenden Orte derselben die nämlichen Aenderungen der Wärme durchmachen und in jedem Jahre müßte die ganze Reihenfolge sich in der nämlichen Ordnung wiederholen, und nicht ihre jeweiligen Wärmen, sondern nur die Zeiten, in denen diese eintreten, wären von einander verschieden. Diese Regelmäßigkeit wird fast zur Unkenntlichkeit verwischt von den verschiedenen Einflüssen der Luft, die bald aus einem wärmeren Lande in ein kälteres, bald umgekehrt aus dem kälteren in das wärmere strömt, und hier eine Abkühlung dort eine Erwärmung hervorbringt, die dem Orte seiner geographischen Lage wegen nicht zukäme.

Die Erde strahlt beständig Wärme aus, mehr wenn sie wärmer, weniger wenn sie kälter ist. Sind Wolken am Himmel, so gehen von der Erde aus die Wärmestrahlen an die Wolken, werden aber dort reflectirt und gelangen wieder zur Erde herab. Ist dagegen der Himmel vollkommen heiter, so gehen die Strahlen in den Sternenraum, gehen also für die Erde verloren, weshalb heitere Nächte immer kälter sind als dunkle. Die heitern Nächte sind es, die im Frühjahr unter der Pflanzenwelt so viele Verwüstungen anrichten. Steht dagegen die Sonne am Himmel, so werden auch deren Strahlen von den Wolken reflectirt, ohne auf die Erde zu gelangen und ein trüber Tag wird nicht so warm als ein heiterer. Die Wolken haben auf der Erde ungefähr dieselbe Einwirkung, die auf unsere Körper die Kleidung ausübt, denn sie verhindern den allzuschnellen Austausch der Wärme; sie heben allerdings nicht die ganze Strahlenwirkung auf, hemmen sie jedoch bedeutend. Je mehr der Himmel an einem Orte das Jahr hindurch bewölkt ist, um so weniger werden große Hitze oder bedeutende Kälte zum Vorschein kommen können, oder mit anderen Worten, um so weniger wird das Klima excessiv sein. Die Wolken sind aber aus kleinen Wasserbläschen zusammengesetzt, die da am häufigsten auftreten müssen, wo sich viel Wasser befindet, also in der Gegend des Meeres und großer Seen, und dort muß eine geringere Schwankung der Wärme stattfinden als unter sonst gleichen Umständen im Binnenlande.

Wenn Sie in einen Theekessel Wasser bringen und darunter eine Flamme anzünden, wird das Wasser im Kessel bekanntlich wärmer, denn es nimmt einen Theil der Wärme auf, welche von der brennenden Flamme entwickelt wird. Das Wärmerwerden dauert aber nur bis zu einer gewissen Grenze, bis nämlich das Wasser siedet, denn ist dieses einmal eingetreten, so wird ein in das Wasser gestecktes Thermometer einen constanten Stand behalten. Wo kommt denn jetzt die von der Flamme entwickelte Wärme hin, die vorher zu der Erhöhung der Wassertemperatur verwendet wurde? Sie dient dazu, dem tropfbarflüssigen Wasser die Gasform des Wasserdampfes zu geben, der so eine große Menge von Wärme aufgespeichert enthält, welche weder auf das Thermometer noch auf das Gefühl

wirkt und darum latente Wärme genannt wird. Wenn irgend wo durch Vermittlung der Sonnenstrahlen Wasser erwärmt wird, so wird, wenn anders das Wasser nicht eingeschlossen ist, ein Theil der Sonnenstrahlen dazu verwendet, Wasserdunst zu bilden und dieser, gleichsam ein Magazin von Wärme, geht fort, nimmt aber anderswo, indem er als Regen niederfällt, die Tropfenform wieder an und läßt dabei seine latente Wärme fahren. Auf diese Weise kommt das Resultat der Sonnenstrahlen an einem ganz andern Orte zum Vorscheine, als wohin sie ursprünglich bestimmt waren, denn so und so viele derselben wurden verwendet, um eine Quantität Wasser in Dampf zu verwandeln, gehen mit diesem fort und kommen an einem ganz fernen Punkte wieder zum Vorscheine, dessen Wärme dadurch auf Kosten des ersteren einen Zuwachs gewinnt. Die auf solche Weise erwärmten Gegenden werden die Meeresküsten sein, während die vom Gestade entfernteren Striche nur das erhalten, was die andern übrig gelassen. Die Küstengegenden zeichnen sich daher nicht nur dadurch aus, daß bei ihnen die Jahreszeiten weniger extrem sind, sondern auch dadurch, daß sie wärmer sind als continentale Gebiete unter gleicher Breite. Je weiter eine Gegend von der Küste liegt, um so niedriger ist ihre Wärme, um so größer die Differenz zwischen Sommer und Winter.

Die ungleiche Erwärmung der verschiedenen Breiten der Erde verursacht eine doppelte Luftströmung, die eine von den Polen gegen den Aequator gehend bringt die kalte Luft in wärmere, die andere vom Aequator zu den Polen führend bringt die warme Luft in kältere Gegenden. Die Umdrehung der Erde verursacht, daß auf der Nordhalbkugel der warme Wind zu einem Südwest-, der kalte zum Nordostwind wird, denen auf der südlichen Halbkugel Nordwest und Südost entsprechen. Da bei uns der warme Wind südwestliche Richtung hat, sind die Länder, die er zuerst trifft, also die westlichen, wärmer als die östlichen derselben Breite in dem nämlichen Continente bei sonst gleicher Entfernung von der Küste.

Wenn die Wärme eines Körpers davon abhängt, wie viel er durch Strahlung verliert oder gewinnt, so muß sie sich auch

ändern, wenn die Umgebung desselben wechselt. Gesetzt, ein solcher Körper sei ein Thermometer, das in einem Thale in der Luft hängt, so wird es fort und fort Wärme abgeben und somit erkalten, dafür aber werden ihm ebenso constant die umgebenden Lufttheilchen Wärme zusenden und es kommt dabei ein bestimmter Gleichgewichtszustand zum Vorschein. Nehmen wir einen Theil der Luftmolecule, etwa die Hälfte, weg, so kann auch das Thermometer von ihnen keine Wärme mehr bekommen, da es aber mit Aussendung von Strahlen fortfährt, so muß es sinken, denn seine Ausgabe ist größer geworden als die Einnahme, und dieses Sinken wird so lange fortdauern, bis sich das Gleichgewicht wieder hergestellt hat.

In dünnerer Luft steht das Thermometer unter sonst gleichen Umständen niedriger als in dichter und wie das Thermometer erkalten auch alle andern festen oder tropfbar flüssigen Körper. Die am Boden erwärmte Luft steigt in die Höhe, dehnt sich dort aus und wird dabei kälter. Daher kommt es, daß in größeren Höhen die Wärme abnimmt, wie die mit Schnee und Eis bedeckten Gebirge zeigen, obwohl die Sonnenstrahlen auf sie so stark oder vielmehr der in der Atmosphäre vor sich gehenden Schwächung wegen noch etwas stärker wirken als in der Tiefe. Steigt man auf einen hohen Berg, so empfindet man eine sehr lästige Wirkung der Sonnenstrahlen, während es gleich nebenan im Schatten bitter kalt sein kann. Die Abnahme der Wärme beträgt bei uns 1° C. für etwa 600 Fuß Erhebung.

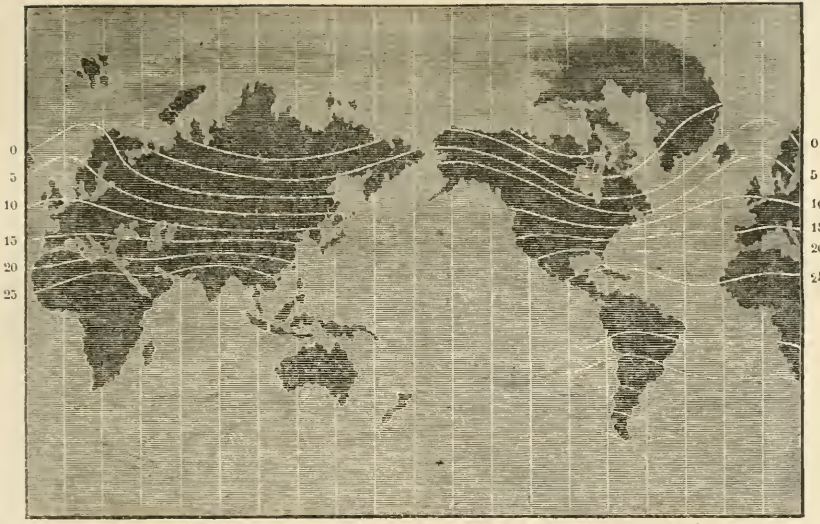
Der die Erde einhüllende Luftkreis ist bei den Erscheinungen der Wärmestrahlung sehr wohl zu berücksichtigen. Er spielt, nur in geringerem Grade, ziemlich die Rolle, welche, wie ich Ihnen oben mittheilte, auch die Wolken haben, er stumpft die Extreme der Temperatur ab, die ohne ihn viel bedeutender schwanken würde. Ist die Luft auch ein sehr dünner Körper, so ist sie doch etwas, und von den auf sie fallenden Sonnenstrahlen bleibt etwa 0,4—0,5 in der Luft, was zum großen Theile der Erde nach und nach zukommt, während anderntheils selbst in der reinen Luft viele von der Erde ausstrahlende Wärme zu dieser zurück reflectirt wird. Diese Wirkung läßt sich sehr gut

nachweisen, wenn man hoch gelegene Orte mit niedrigen vergleicht, denn erstere haben, weil sie durch die weniger dichte Luft weniger geschützt sind, auch einen viel stärkeren Temperaturwechsel. In der 12000 Fuß hohen Ebene des Titicacasee's erfriert sehr oft die Ernte in einer heitern Nacht, und die Einwohner suchen sich dadurch zu helfen, daß sie durch Verbrennen von nassem Stroh viel Rauch, also künstliche Wolken hervorrufen. München liegt 1569 Fuß über dem Meere und hat darum schon eine bedeutende Wärmestrahlung, weshalb warme Sommerabende fast unbekannt sind. Auf den heißesten Tag kann ein empfindlich kühler Abend folgen. Die Münchener sind theils daran gewöhnt, theils richten sie ihre Kleidung danach ein; die Fremden jedoch ziehen sich sehr leicht Erkältungen zu, die oft einen bösartigen Charakter annehmen können, was zur Folge hat, daß das Münchener Klima verschrieen ist.

Verbindet man nach dem Vorgange Herrn v. Humboldts auf einer Karte diejenigen Punkte, welche eine gleiche mittlere Jahreswärme haben, mit einander, so erhält man verschiedenartig gekrümmte Linien, die Isothermen. So ist z. B. die Isotherme von 5° diejenige, welche lauter solche Punkte mit einander verbindet, deren mittlere Temperatur 5° beträgt. Es gibt wohl kein Mittel, die Wärmevertheilung auf der Erde leichter überblicken zu lassen als die Isothermen, und ich habe es mir daher nicht versagen können, dieselben auf dem nachstehenden Kärtchen (Fig. 24) wiederzugeben, in welchem die am Rande stehenden Zahlen die Höhe der Mittelwärme nach der Scala von Celsius angeben. In ganz gleicher Weise können auch diejenigen Punkte mit einander verbunden werden, die gleiche Sommer-, und diejenigen, die gleiche Winterwärme haben und man bekommt auf diese Weise 2 neue Systeme von Curven, im ersten Falle die Isotheren, im zweiten die Isochimenen, deren Vertheilung über Europa aus nachstehender Karte (Fig. 25) ersichtlich ist, in welcher die Zahlen links die Sommer- die Zahlen rechts die Wintertemperaturen bedeuten. Es wird Ihnen eine leichte Mühe sein, die Richtigkeit der vorstehenden Sätze aus den Resultaten der Beobachtung nachzuweisen. Diese lassen sich kurz zusammenfassen, wenn man sagt:

1. Je größer die Breite, die Meereshöhe und die Entfernung

Fig. 24.



von der Meeresküste sind, um so niedriger ist die Wärme des betreffenden Ortes.

2. Je größer die Entfernung von der Kuste, um so größer sind die Differenzen der Jahreszeiten.
3. Das Meer, das die Westküste eines großen Landes bespült, macht seinen Einfluß weiter geltend, als das Meer der Ostküste.

Fig. 25.



Eilfter Brief.

Die Fortpflanzung der Wärme durch Leitung.

Der Wärme steht, um von einem Körper oder Körpertheile in den andern zu gelangen, noch ein anderes Mittel zu Gebot, als die Strahlung, nämlich die Leitung.

Der Stoffe, durch welche Strahlen gehen, giebt es verhältnißmäßig wenige, die meisten setzen ihnen unübersteigliche Hindernisse entgegen. Zwar ist dieser Ausspruch nicht als mathematisch genau zu nehmen, denn die Licht- und mit ihnen auch die Wärmestrahlen gehen wahrscheinlich durch alle Körper, wenn sie in gehörig dünne Schichten ausgearbeitet sind; allein alsdann kommen sie meistens auf der andern Seite so geschwächt zum Vorschein, daß man in der Praxis hievon ganz absehen kann, und wie bei den meisten Stoffen durch das Licht nur die Oberfläche erleuchtet wird, so werden sie auch durch die Wärmestrahlen nur dort erwärmt. Umgibt man daher einen Raum mit lauter undurchsichtigen Wandungen, so kann das Licht von ihm vollständig abgesperrt werden; gäbe es bei der Wärme nur die Strahlung, so könnte man auch die Wärme vollständig ab- oder nach Umständen einsperren. Daß dieses nicht möglich ist, zeigt die alltägliche Erfahrung, denn im Sommer durchdringt die Wärme unsre Häuser und im Winter muß ein geheizter Raum stets nacherwärmt werden, weshalb noch eine andere Fortpflanzungsart der Wärme existiren muß, und diese ist die Leitung, die darin besteht, daß die einem Körpertheilchen beigebrachte Wärme auf das andere nächstgelegene übergeht.

Denken Sie einen beliebigen Körper in ganz dünne Schichten oder Blätter getheilt, und die eine davon, etwa die oberste, um eine beliebige Größe, etwa um 8 Grade, erwärmt, so wird die Schichte diese Wärme nicht für sich behalten, sondern nach einiger Zeit die Hälfte davon also 4 Grade der nächst untern Lage mitgetheilt haben. Die zweite ist nun um 4 Grade wärmer als die dritte und gibt ihr die Hälfte davon, die dritte theilt der vierten mit u. s. w., so daß die Wärmeerhöhung jeder

folgenden Lage immer etwas weniger beträgt als die der vorhergehenden. Hat aber, wie wir angenommen haben, die zweite Schichte an die dritte 2 Grade abgegeben, so ist sie dadurch um die gleiche Quantität kälter geworden als die erste, und diese theilt wieder. So geht es fort, bis alle Schichten gleich warm sind, vorausgesetzt daß von der Wärme nichts gegen die Seiten nach außen verloren geht. Wenn, während sich so die Wärme von einer Schichte auf die andere fortpflanzt, die erste abgekühlt wird, so bietet sich bei ihr das Umgekehrte des vorigen Falles dar, sie borgt Wärme von der zweiten Schichte, diese von der dritten u. s. w.

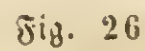
Es ergiebt sich hieraus, daß eine entfernte Schichte erst einige Zeit nach der ersten ihre Wärme ändert, und daß, wenn die erste Schichte abwechselnd kalt und warm gemacht wird, die entfernteren immer weniger und weniger schwanken, bis endlich die Aenderungen so klein werden, daß man sie nicht mehr wahrnimmt, die Wärme also invariabel wird. Schwankt die oberste Schichte um einen bestimmten Mittelwerth, so werden die folgenden mit der Zeit um denselben Mittelwerth schwanken, aber sich immer weniger von ihm entfernen, je weiter sie selbst von der ersten Lage sind.

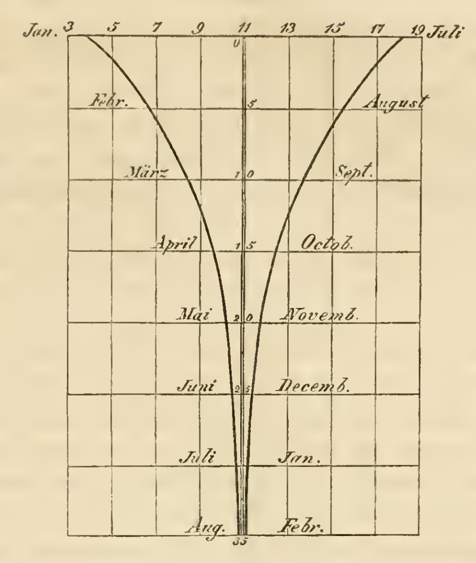
In diesem Falle befindet sich die Decke der Erde, denn die Oberfläche schwankt vermöge der Strahlung und unter ihr schwanken die tieferen Lagen immer weniger bis endlich die invariable Erdschichte kommt. Diese invariable Schichte liegt um so tiefer, je größer die Schwankungen der Oberfläche sind, mithin tiefer in höheren Breiten als am Aequator, tiefer im Innern des Continentes, weniger tief an der Meeresküste, sie richtet sich daher genau nach den im vorigen Briefe angegebenen Normen. Je länger die Periode dauert, innerhalb deren die Oberfläche hin und her geht, um so mehr hat die Wärme Zeit, diese Oscillationen in die Tiefe fortzupflanzen, deshalb muß die jährliche Periode sich in tiefere Schichten fühlbar machen, als die tägliche.

Das Vermögen, die Wärme in der eben geschilderten Weise von Schichte zu Schichte gehen zu lassen, ist nicht in allen Körpern in gleichem Grade vorhanden; bei den einen, wie bei den Metallen, geht die Wärme rasch (gute Wärmeleiter), bei

andern, wie Wolle, Haare, geht sie langsam (schlechte Wärmeleiter), Steine leiten besser als andere Stoffe, aber viel schlechter als die Metalle. Ein schlechter Wärmeleiter kann an dem einen Ende sehr heiß sein, ohne daß man am andern viel spürt, weil die Wärmedifferenz zweier an einander gelegenen Schichten sehr groß sein muß, bis ein wirklicher Uebergang von Wärme erfolgt. Eine brennende Cigarre (schlechter Wärmeleiter), die an dem einen Ende glüht, steckt man mit dem andern ohne Bedenken in den Mund, selbst wenn sie kaum noch einen Zoll lang ist; mit einem gleich langen an dem einen Ende glühenden Stücke Eisen würde man sich wohl hüten, den Versuch zu wiederholen. Aus demselben Grunde werden Metallgegenstände, die heiß sind, wie z. B. Theekannen, nur durch Vermittlung schlechter Leiter, wie das Holz an der Handhabe, angefaßt. Wäre die Erddecke von Metall, so würden die Temperaturschwankungen der Oberfläche in größere Tiefen hinab fühlbar sein, als wenn sie, wie es in der Wirklichkeit der Fall ist, aus Steinen sich zusammensetzt, und je nach der Leitungsfähigkeit des jeweiligen Gesteins muß auch die Tiefe der invariabeln Erdschichte verschieden sein.

Von dem Gange der Bodentemperatur mag nachstehende den Beobachtungen Quetelets in Brüssel angepaßte Zeichnung (Fig. 26) ein Bild geben. Die Entfernung der 2 gekrümmten Linien von der mittleren geraden stellt die Abweichung der jeweiligen Wärmeextreme von der Mitteltemperatur in Celsiusgraden vor. Die mittlere Bodenwärme unmittelbar unter der Oberfläche beträgt in Brüssel 11 Grade; sie stellt sich in der Mitte des Aprils und Octobers ein. Von dem Frühlingsmittel an steigt diese Wärme und erreicht im Juli (hier wie auch in den folgenden Fällen gilt jedesmal die Mitte des Monats) mit nicht ganz 19° ihren höchsten Stand, worauf sie bis zum Januar auf ihr Minimum von etwas mehr als 3° zurücksinkt. In einer Tiefe von 5 Fuß findet man die beiden Mitteltemperaturen erst einen Monat später, als man sie unter der Oberfläche beobachtet hatte, nämlich erst im Mai und November. Ebenso treten die 2 Extreme einen Monat später ein als oben und während ihre Differenz dort 14 Grade ausmacht, beträgt sie hier nur 9. Untersucht man nochmals um 5 Fuß

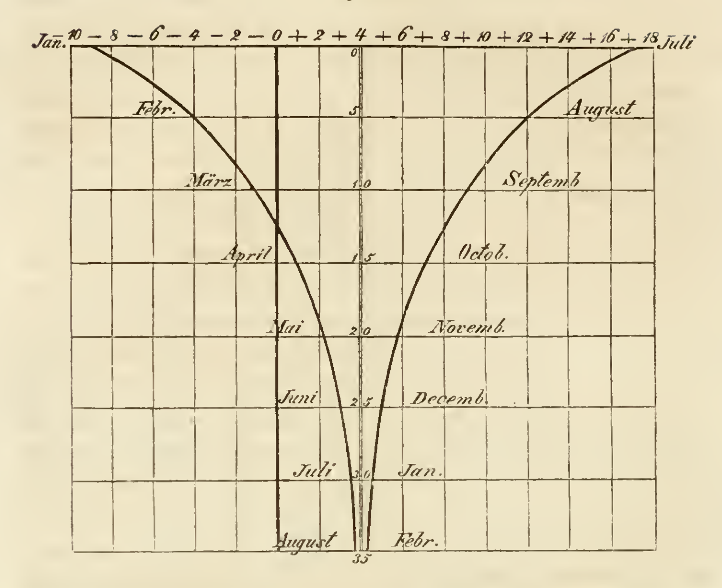

Fig. 26



tiefer, so kommen höchster, mittlerer und niedrigster Stand wieder einen Monat später an, aber die ganze Schwankung beträgt nun nur noch 5 ½ Grade. In dieser Weise geht es fort, bis in 30 Fuß die höchste Temperatur genau zu der Zeit eintritt, wenn es unter der Oberfläche am kältesten ist und umgekehrt, die ganze Schwankung beträgt aber hier nur noch ⅘ Grad. In 75 Fuß Tiefe schwankt die Wärme nur noch um 1/100 Grad, und weil die Wärmebeobachtungen leicht um mehr als diese Größe fehlerhaft sein können, hören die Untersuchungen hier auf und man nimmt an, daß in dieser beiläufigen Tiefe die Wärme unveränderlich sei.

Gehen wir von dem westlichen Europa gegen Osten, so ändert sich das in der vorigen Figur angegebene Verhältniß etwas, denn die Extreme entfernen sich von einander. Betrachten Sie die in Fig. 27 dargestellte Curve, welche etwa für die Gegend von Moskau gilt, so werden Sie alsbald finden, daß dort die Schwankungen viel größer sind als in Brüssel und daß dort die invariable Erdschichte, d. i. diejenige, wo die 2 Curvenäste zusammenfallen tiefer liegen muß. Außerdem besteht aber noch der Unterschied, daß die kleinsten Wärmewerthe bis

Fig. 27.

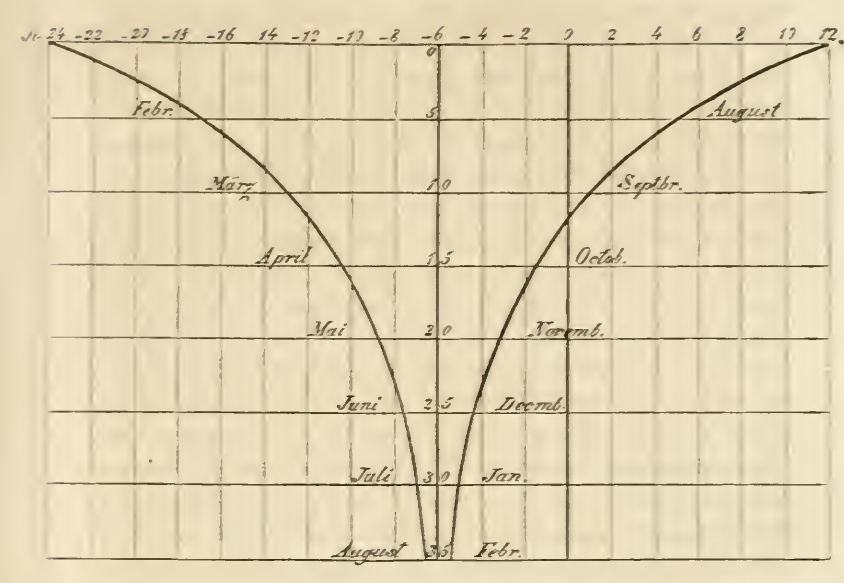


in die Tiefe von 12 Fuß unter 0 Grad sind. Weil nun bei 0° das Wasser gefriert, wird auch in der Gegend von **Moskau** im Winter der Boden bis zu einer Tiefe von 12 Fuß gefrieren. Man muß in dieser Tiefe bis Ende März Eis finden.

Im Innern von Sibirien, dem die Fig. 28 entspricht, sind die Temperaturextreme noch größer als im vorigen Falle, und die invariable Erdschichte muß noch tiefer liegen. Während aber vorhin die mittlere Temperatur des Jahres über 0° war, ist sie hier unter 0 und es bietet darum hier sich ein Gegensatz dar. Wenn in den zu Fig. 27 passenden Gegenden der Boden nur im Winter gefroren war, thaut er hier nur im Sommer auf und in einer Tiefe von 12 Fuß an ist das ganze Jahr hindurch Eis, das sogenannte **Bodeneis** zu finden.

Wäre die mittlere Temperatur von **Brüssel** um 4 Grade niedriger oder die Schwankung derselben größer, so würde auch dort der Boden im Winter auf eine größere oder geringere Tiefe gefrieren, und es wird dieses auch in manchen Wintern der Fall sein, denn die nachstehende Figur giebt nur einen Mittelwerth an, um den die Temperaturen der einzelnen Jahre herumschwanken.

Fig. 26.



Je geringer die Schwankungen unmittelbar unter der Oberfläche sind, um so eher wird jede Aenderung des Thermometers in der Tiefe verschwinden, und darum findet man in den Tropen die Mittelwärme schon, wenn man nur ein paar Fuß tief eingräbt, während da, wo die Schwankungen bedeutender sind nur zweimal im Jahre in einer gegebenen Tiefe die Mitteltemperatur getroffen wird, und Beobachtungen außer dieser Zeit entweder zu hohe oder zu tiefe Werthe geben, die um so fehlerhafter sein können, je weiter die Extreme von einander abstehen.

Die täglichen Aenderungen der Wärme der Erdoberfläche haben ein ganz ähnliches Verhalten wie die jährlichen, wie aber diese täglichen Schwankungen kleiner sind, so werden sie auch nur noch in geringeren Tiefen wahrgenommen.

Wenn ich in dem Vorhergehenden von dem Satze ausgegangen bin, daß die Mittelwerthe der Wärme in den verschiedenen Tiefen dieselben bleiben, so habe ich einen kleinen Fehler gemacht, den ich nun verbessern will. Es würden die bisher beigebrachten Argumente richtig sein, wenn die Sonne und die Sterne allein es wären, von welchen die uns bekannte Erdkruste Wärme er-

hält. Wir haben aber außer diesen beiden noch eine dritte, das tief unter uns liegende Erdinnere. Begeben wir uns von der invariabeln Erdschichte aus weiter nach unten, so findet sich bald, daß die dort allerdings nicht mehr schwankende Temperatur höher und höher steigt, je weiter wir nach abwärts kommen, welche Zunahme, wie Sie aus dem Kosmos ersehen, im Mittel — denn sie ist nicht allenthalben gleich — 1° C. für etwas über 90 Fuß beträgt. Ich behalte mir vor, die Erscheinungen, woraus wir auf diese Thatsache schließen, weiter auszuführen und will vorher die Schlüsse angeben, zu welchen uns dieses einfache Factum der Wärmezunahme, das allenthalben auf der Erde beobachtet wird, berechtigt.

Wenn die Wärme von oben nach unten zunimmt, so nimmt sie offenbar von unten nach oben ab; geschieht dieses nun von einem in ganz beliebiger Tiefe befindlichen Punkte aus in der oben angegebenen Weise, so ist gar nicht einzusehen, warum diese Abnahme gerade da aufhören sollte, wo die invariable Erdschicht sich befindet, es muß diese Abnahme sich auch über diese hinaus ausdehnen, und wenn die unveränderliche Schichte in 75 Fuß Tiefe sich vorfindet, muß das Mittel an der Oberfläche um etwa $^3/_4$ Grade niedriger sein als unten. Insofern ich nun bei meinen obigen Figuren auf diese Zunahme des Mittels der Wärme gegen unten keine Rücksicht genommen habe, sind dieselben etwas unrichtig, doch beträgt dieser Fehler in keinem Falle einen halben Grad, und ich glaubte um so mehr diese Ungenauigkeit übersehen zu dürfen, da die vorstehenden Figuren überhaupt nur ein annäherndes Bild der Erscheinung geben sollten. Die für die Gegend von Moskau und für Innersibirien gezeichneten Curven beruhen gar nicht auf directen Messungen, sie sind nur als Näherungswerthe aus den Oberflächentemperaturen nach den physikalischen Gesetzen der Wärmebewegung berechnet. Streng genommen hätte die in den Figuren die Mittelwärme der einzelnen Schichten angebende gerade Linie unten etwas nach rechts gebogen werden sollen, und die das jeweilige Maximum angebende Curve wäre etwas stärker, die das Minimum bezeichnende wäre etwas weniger gekrümmt ausgefallen, da beide in jeder Schichte gleich weit von dem Mittel abstehen müssen.

Wenn man einen kalten Körper von irgend einer Seite aus erwärmt, so werden seine in der Nähe dieser Seite gelegenen Theile wärmer, als die ferner liegenden sein müssen. Steckt man eine Eisenstange in das Feuer, so wird sie dort heiß, wo sie im Feuer ist, von da an wird die Stange immer weniger heiß sein, es ist aber gar nicht möglich, daß nach einer kalten Stelle eine heißere kommt, die weiter vom Feuer entfernt ist, und sollte dieses ja einmal beobachtet werden, so würde sicherlich Jedermann alsbald sagen, daß diese Erwärmung nicht von dem Feuer, sondern von einer anderen Quelle herkommen müsse.

Wenden wir dieses auf die Erde an! Wenn die Wärme des Erdinnern nur die wäre, welche ursprünglich von der Sonne kommend durch Vermittelung der Oberfläche nach unten dringt, so könnte niemals, so lange die jährliche Sonnenwärme gleich bleibt (und das ist, wie ich bereits gezeigt habe, der Fall), das entferntere Erdinnere wärmer sein, als die Oberfläche. Die Zunahme der Wärme in der Tiefe muß daher von irgend einer anderen Quelle herrühren. Wir können nicht wohl irren, wenn wir die Wärmequelle eines Körpers in der Richtung suchen, nach welcher seine Theile immer wärmer und wärmer werden. Diese Richtung geht von der Erdoberfläche gegen die Tiefe, und wir sehen uns darum zu der Annahme genöthigt, daß das Erdinnere eine bedeutend höhere Temperatur besitze, als die Oberfläche.

Wenn die Erdwärme bei einer um je 90—100 Fuß wachsenden Tiefe um 1 Grad Celsius zunimmt, so muß dieser Zuwachs bei 9—10000 Fuß, also in nicht ganz einer halben deutschen Meile, 100 Grad betragen', wäre also die Mittelwärme der Oberfläche 0 Grad, so würde in einer halben deutschen Meile Tiefe das Wasser bereits siedheiß sein, und noch tiefer müßten unsere Steine schmelzen, bis wir, wenn man so weiter rechnet, am Erdmittelpunkte in 856 Meilen Tiefe zu der ungeheueren Hitze von 200000 Graden gelangen. Nimmt man an, daß es keinen Stoff auf der Erde giebt, der bei dieser Hitze fest bleiben kann, so ist die Erde etwa einem Ei zu vergleichen, das im Innern flüssig, außen mit einer harten Schale bedeckt ist. Ob übrigens der Erdmittelpunkt diese Wärme wirk-

lich habe, läßt sich bei dessen Unzugänglichkeit nicht sagen, denn es ist sehr wohl denkbar, daß die Wärme in sehr großen Tiefen weniger rasch zunimmt, als an den uns erreichbaren Punkten, die nur einen sehr unbedeutenden Theil des Ganzen ausmachen.

Würde man eine außen kalte Kugel von irgend einem Material in ihrem Innern erhitzen, so müßte, vermöge der Leitungsfähigkeit der Wärme, letztere sich von Schicht zu Schicht fortpflanzen, aber ebenso, wie jeder geheizte Ofen an seinen inneren Wandungen heißer ist als außen, müßte in unserem Falle die Temperatur immer niedriger werden, je weiter die untersuchte Stelle von dem Mittelpunkte entfernt ist. So würde nach und nach auch die Oberfläche sich erwärmen und in dem Maaße, als sie sich erwärmt, müßte sie, sei es durch Leitung, sei es durch Strahlung, auch an ihre Umgebung mehr und mehr abtreten. Da nun, wie ich bereits oben gezeigt habe, die Wärme nicht momentan von einem Punkte zum anderen fortgehen kann, muß endlich selbst, wenn die innere Wärme nicht erschöpflich wird, ein Zustand eintreten, wo die Oberfläche keine höhere Temperatur mehr annehmen kann, denn wäre einen Augenblick der Verlust kleiner als die Einnahme, so würde die Temperatur steigen und mit ihr im nächsten Augenblicke die Ausgabe, und dieses ginge so lange fort, bis Einnahme und Ausgabe sich ausgeglichen haben würden. Eine fortwährende Steigerung der Oberflächentemperatur kann nur eintreten, wenn mit der Ausgabe auch die Einnahme steigt. Das thut diese aber nicht, wie sich leicht aus Folgendem ergiebt. Wenn 2 Körper von gleicher Wärme zusammengebracht werden, so wird keiner von dem andern noch höher erwärmt, dagegen wird die Erwärmung des einen um so stärker sein, je größer die Verschiedenheit beider ist. Wenn sich nun die Oberfläche einer Kugel in ihrer Temperatur der des Innern mehr und mehr nähert, so bekommt sie immer weniger und weniger weitere Wärme von dieser.

Der gegebene Fall wird vielleicht anschaulicher, wenn ich folgendes Beispiel anführe. In unseren Flüssen kommt beständig Wasser von oben herab, und doch wächst der Fluß nicht ins Unendliche, denn was von oben herabkommt, geht unten

wieder fort. Würde der Zufluß dauernd vergrößert, so müßte der Fluß steigen, aber dann auch alsbald mehr abfließen, bis endlich das Gleichgewicht wieder hergestellt wird.

Diese Verhältnisse finden ihre Anwendung auf die Erdwärme. Die Oberfläche bekommt von dem Innern nicht mehr Wärme, als sie an den Sternenraum abgiebt, und sie kann daher von innen heraus nicht mehr wärmer werden.

Gegenwärtig geht in einem Jahrhundert von dem Erdinnern so viel Wärme auf die Oberfläche als nothwendig wäre, um eine auf der ganzen Erde ausgebreitete Eisschicht von 310 Linien Dicke abzuschmelzen. Daß der Betrag nicht größer ist, daran trägt das verhältnißmäßig geringe Vermögen der Erddecke, die Wärme zu leiten, Schuld. Diese geringe Quantität ist für uns gar nicht fühlbar, unser Haushalt ist gänzlich auf die Sonne angewiesen.

Eine überall gleich heiße Kugel, die in einen kalten Raum gebracht wird, erkaltet zuerst an der Oberfläche, während das Innere seine Hitze noch längere Zeit beibehält, sie kann, wenn sie sehr groß ist und die Wärme schlecht leitet, außen schon ganz kalt sein und innen noch große Hitze besitzen. Der Wärmeverlust ist zuerst sehr bedeutend und nimmt mit wachsender Zeit immer mehr ab.

Früher war, wie die Pflanzen der Vorwelt zeigen die Oberfläche wärmer als jetzt. Seit jener Zeit ist die Erde immer kälter geworden, und jetzt ist sie zwar innen noch heiß, aber außen spürt man davon fast nichts mehr, die Erde ist daher eine Kugel, die früher heiß war, deren Erkaltung aber bis jetzt schon sehr weit vorgeschritten ist.

Bei der Größe der Kugel und der geringen Wärmeleitungsfähigkeit ihrer Bestandtheile geht diese Erkaltung sehr langsam vor sich. Nach Versuchen mit einer 2 Fuß im Durchmesser haltenden Basaltkugel, welche auf 300° erhitzt und bei einer äußeren Temperatur von 12° und 6°,5 der Erkaltung überlassen worden war, berechnet Bischof, daß die Erde, um von 300° Wärme bis auf — 57° zu erkalten, einer Zeit von 353 Mill. Jahren bedürfte, und daß ihre Temperaturabnahme in den letzten 2000 Jahren $^1/_{236}$ eines Grades betragen habe, unter der

Voraussetzung, daß das Leitungsvermögen der Erde dasselbe ist, wie dasjenige des Basalts.

Auf einem andern Wege versuchte Laplace die Lösung des Problems.

Es ist eine größere Kraft nothwendig, um einer großen Kugel eine bestimmte Rotationsgeschwindigkeit zu geben, als wenn man eine kleine vor sich hat, wenn letztere auch gerade so schwer ist als die große. Verwendet man eine und dieselbe Kraftanstrengung auf 2 verschieden große, aber gleich schwere Kugeln, so dreht die kleinere sich schneller. Wird eine große Kugel, während sie sich dreht kleiner, so läuft sie um so schneller, vorausgesetzt, daß sie wie die Erde bei ihrem Drehen durch Reibung nicht gehindert wird. Die Wärme dehnt die Körper aus, und wenn eine rotirende Kugel kalt wird, so wird sie kleiner und läuft dafür schneller.

Wir wollen nun annehmen, die Umdrehungszeit der Erde habe in 2000 Jahren um 1/100 Centesimal Secunde abgenommen. Läuft nun die Erde täglich um diese Zeit zu schnell, so macht dieses in 100 Tagen eine ganze Secunde aus und in 100 Jahren 365 Secunden, also 6 Minuten und 5 Secunden. Dieser Zuwachs an Geschwindigkeit kam aber allmälig, er betrug vor 1500 Jahren 1/400 Secunde, vor 1000 Jahren 2/400 d. i. 1/200, vor 500 Jahren 3/400 und jetzt 4/400 oder 1/100. Der Durschnitt dieser Zahlen zeigt, daß das Voreilen gerade so ist als hätte es die Hälfte der Zeit 1/100 Secunde oder die ganzen 2000 Jahre hindurch 1/200 Secunde betragen, denn was es im ersten Jahrtausend weniger ausmachte als diese Mittelzahl, das betrug es im zweiten Jahrtausende mehr. Würde sich also die Erde jetzt um 1/100 Secunde schneller drehen, so wäre sie heutzutage um 1000 mal 365 mal 1/100 Secunden, also um 3650 Secunden oder etwas mehr als eine Stunde voraus. Durch Vergleichung der Finsternisse, von welchen uns Hipparch, der 150 J. v. Chr. lebte, Nachricht giebt, und die man gerade so gut rückwärts als vorwärts berechnen kann, so wie der damaligen Bewegung des Mondes mit der jetzigen ergiebt sich nun, daß die Erde jetzt nicht um 1/100 Secunde schneller läuft als früher, denn die Finsternisse würden bei der Berechnung auf eine Tageszeit fallen, die früher ist, als Hipparch

sie angiebt. Die auf diese Betrachtung gegründete Rechnung ergiebt, daß die Erkaltung der Erde seit 2000 Jahren nicht $^1/_{170}$ eines Grades betragen kann.

Zwölfter Brief.

Die Untersuchung der Bodenwärme.

In meinen 2 letzten Briefen habe ich Ihnen die Theorie der Wärme auseinandergesetzt und habe zugleich gezeigt, wie dieselbe auf die Erde sich anwenden läßt; erlauben Sie mir nun die Art und Weise zu erörtern, wie man die Temperaturen der verschiedenen Punkte auffindet, und so theils die Richtigkeit der gezogenen Schlüsse prüft, theils rückwärts gehend sich ein Urtheil über den früheren Zustand der Erde bildet. Soweit es sich nur um die Bestimmung der Wärme der Erddecke handelt, läßt sich aus den Erscheinungen der Insolation in Verbindung mit der Eigenschaft der Wärme, fortgeleitet werden zu können, auf ihre Vertheilung in der Erdkruste schließen. Hier also sind die Beobachtungen der Prüfstein der Theorie. Anders wird die Sache, wenn die Erdwärme des Erdinnern in Frage steht, denn erst die Untersuchung der Bodentemperatur hat uns mit ihr bekannt gemacht, und erst diese hat uns zu dem Schlusse geführt, daß die Erde eine im Erkalten begriffene und darin schon ziemlich weit vorgeschrittene Kugel sei.

Die Temperaturen der nur wenige Fuß tiefen Bodenschichten findet man mit Hülfe von eingegrabenen Thermometern mit so langen Röhren, daß man ihre Angaben an dem aus dem Boden hervorragenden Ende derselben ablesen kann. Auf diese Art hat der Engländer Hales schon 1724 vermittelst mehrerer Thermometer die in 2, 4, 8, 16 und 24 Zoll Tiefe eingegraben waren, gefunden, daß die Temperaturschwankungen mit steigender Tiefe schnell abnehmen. In neuerer Zeit haben Quetelet in Brüssel, Munke in Heidelberg und Schwetzingen, Rud-

berg in Upsala, Leslie und Forbes in Edinburg und Arago in Paris einschlägige Beobachtungen angestellt.

Mit Thermometern, deren Kugel vergraben ist, deren Röhre zum Theile aus dem Boden herausschaut, läßt sich die Wärme größerer Tiefen nicht untersuchen, weil die Herstellung von Instrumenten mit einer mehrere Fuß langen, dünnen und überall gleichförmigen Röhre, wie sie ein gutes Thermometer erheischt, sehr schwierig ist. Aus diesem Grunde ließ Bischof in Bonn einen Schacht von 40 Fuß Tiefe graben und ausmauern und dann hölzerne Röhren von 36, 30, 24, 18, 12 und 6 Fuß rhein. Länge und 7 Zoll Seite so einsetzen, daß sie einander nirgends berührten. In diese Röhren ließ er mit Wasser gefüllte Bouteillen, die zwischen 2 durch hölzerne Leisten festgehaltene Brettchen gestellt waren, bis auf den Grund der genannten Röhren hinab. Am obern Brette befand sich ein Bügel von Eisendraht, der mit einem Haken an einem Seile leicht gefaßt und mit dem dann die Bouteille heraufgezogen werden konnte. Zum Abhalten der äußern Luft diente ein Stöpsel von Werg an einer 6 Fuß langen Stange. Der ganze Schacht wurde mit Erde gefüllt und zum Schutze vor Regenwasser mit einem Dache versehen. Die Bouteillen in den Röhren mußten nun die Wärme des umgebenden Bodens annehmen und diese wurde bestimmt, indem man die Flaschen schnell herauszog und die Wärme des Wassers vermittelst des Thermometers untersuchte.

Die Bestimmung der Größe der Temperaturschwankungen in nur wenigen Schichten (strenge genommen nur 2) genügt, um daraus berechnen zu können, wie groß diese Schwankungen in den verschiedenen Tiefen von der ersten bedeckten Erdlage an bis hinab zur invariabeln (die man, wie ich in meinem letzten Briefe gezeigt habe, höher oder tiefer sich denken kann, je nachdem man größere oder kleinere Schwankungen als verschwindend klein betrachtet) für den Beobachtungsort seien.

Wären die Temperaturschwankungen des Bodens allenthalben gleich, so wäre die Sache kurz abgemacht, und da man aus den Beobachtungen eines Jahres die mittlere Wärme findet, ließe sich bald finden, um wie viel die in einer Tiefe von etwa 1 Fuß in diesem oder jenem Monat gefundene Wärme von der Mitteltemperatur abweicht. Untersucht man z. B. in

Brüssel in 1 Fuß Tiefe die Wärme in der Mitte des August, so hätte man 4,4 Grade davon abzuziehen, würde man sie in der Mitte des Februar bestimmen, so hätte man 4,4 Grade zu addiren.

Auf diese Weise könnte man die Mitteltemperatur eines Ortes finden, und Boussingault bestimmte diese in den Aequatorialgegenden einfach dadurch, daß er ein ein paar Fuß tiefes Loch in den Boden grub und das Thermometer einige Zeit darin stecken ließ. Die Bestimmung der mittleren Wärme eines Ortes ist nun ein Gegenstand von sehr großer Bedeutung, weil uns nur durch Kenntniß einer großen Anzahl von Ortstemperaturen eine genauere Uebersicht der Gesammtwärmevertheilung möglich wird, denn aus der Theorie lassen sich wohl die allgemeinen Umrisse, nicht aber bei der Unregelmäßigkeit der Erdoberfläche das Detail angeben. Statt vieler will ich hier nur ein Beispiel anführen. In warmen Ländern wachsen andere Pflanzen als bei uns, ja selbst in unsern Gegenden gewahrt man, daß oft ganz nahe neben einander 2 Stellen sind, von denen die eine sich zum Anbau eines Gewächses eignet, die andere nicht; an dem warmen und sonnigen Abhang eines Hügels wächst vortrefflicher Wein und dicht daneben im Thale gedeiht er schon nicht mehr so gut. Wenn aber hier unzweifelhaft die Wärme eine sehr große Rolle spielt, muß uns alsbald die Frage entgegentreten: Wie ändert sich die Wärme mit der Lage eines Ortes? Die Lösung dieser Frage ist nur möglich, wenn wir die Temperaturverhältnisse recht vieler verschieden gelagerter Orte kennen. Die Kenntniß der mittleren Wärme des Bodens lehrt uns zwar nicht die ganze Reihenfolge des Temperaturwechsels, gibt uns aber doch, da sie gewissermaßen das Gesammtresultat derselben repräsentirt, manchen Anhaltspunkt.

Bei uns muß man schon ziemlich weit hinab, um vor von den Schwankungen herrührenden Fehlern sicher zu sein, und da man offenbar nicht allenthalben Schachte von 50 Fuß und darüber Tiefe graben kann, ist es nothwendig ein anderes Hülfsmittel zu suchen, und dieses Hülfsmittel wurde bisher, doch nur in einem sehr geringen Grade den Anforderungen strengerer Wissenschaft entsprechend, in den Quellen gefunden.

Erlauben Sie mir, Sie an die Mittheilungen zu erinnern,

die Ihnen Herr Cotta über die Quellen in dem ersten Bande dieser Briefe gemacht hat. Nach dieser Darstellung ist das Quellwasser derjenige Theil des Regen- oder Schneewassers, der eine durchgängliche Bodenmasse gefunden hat und in dieser allmälig tiefer und tiefer bis zu einer wasserdichten Schichte herabsinkend endlich da wieder zum Vorschein kommt, wo letztere im Thale an die Oberfläche tritt. Ist der Boden sehr zerklüftet, so kann das Wasser von einer Spalte in die andere fließend verschiedene Wege machen, bis es endlich wieder an die Oberfläche kommt; aber es bleibt ein unumstößlicher Satz, daß die Ausflußstelle immer tiefer liegen muß, als der Ort, wo das Wasser eingedrungen ist. Wenn das in ganz kleinen Partien durch den Boden laufende Wasser mit den vielen Steinen, die sich dort befinden, in Berührung kommt, so kann nicht vermieden werden, daß es nach und nach die Wärme der Steine annimmt, und wenn es dann austritt, gibt ein in die Quelle gestecktes Thermometer diese an. Reicht die durchfeuchtete Steinmasse bis in die invariable Erdschichte hinab, so werden die Schwankungen der Quellwärme klein und um so geringer, je länger sich das Wasser dort aufgehalten hat. Wenn übrigens das Wasser auch in einer minder großen Tiefe längere Zeit war, muß ein immerhin wenig beträchtlicher Temperaturwechsel stattfinden.

Woran erkennt man aber, daß das Quellwasser lange im Boden war?

Wenn ein Brunnen alsbald nach einem Regengusse oder nach der Schneeschmelze steigt und bei nur wenig anhaltender Trockenheit, wenn nicht ganz versiegt, so doch bedeutend abnimmt, kann man mit Sicherheit annehmen, das Wasser habe seine Wärme nur sehr unvollkommen ausgetauscht, und diese Quellen sind im Sommer warm und frieren im Winter zu. Gibt aber ein Brunnen jahraus jahrein fast dasselbe Wasserquantum, so wird auch seine Wärme nur wenig wechseln und er friert im Winter nicht zu. Diese Quellen müssen daher vorzugsweise berücksichtigt werden. Im Frühjahre werden an solchen Quellen zuerst die Kinder Flora's zu finden sein, denn dort ist es wärmer als rings umher und im Sommer liebt man diese Brunnen des frischen Trunkes wegen, den sie bieten; in allen

Jahreszeiten aber schätzt man sie, weil sie selbst in trockenen Zeiten zuverlässig einen Wasserreichthum bieten.

Die Quellen mit nahe constanter Temperatur bieten den großen Vortheil, daß man aus ihnen die Mitteltemperatur ihres Bezirkes ohne weitläufiges Graben finden kann, doch ist ihnen leider nicht unbedingt zu trauen, denn wer kann mit Bestimmtheit sagen, daß sie aus der Gegend der sogenannten invariabeln Schichte kommen und nicht tiefer heraus? Ist das letztere der Fall, so haben sie eine Wärme, die höher ist als die mittlere des Quellenbezirkes. Es ist auch namentlich in gebirgigen Gegenden sehr leicht möglich, daß das Wasser einer Quelle die längste Zeit sich an Orten aufgehalten hat, die weit höher liegen als die Quellmündung, und da die Temperatur mit wachsender Höhe abnimmt, so hat auch der Brunnen, selbst wenn er unveränderlich ist, eine zu niedrige Wärme.

Aus diesen Betrachtungen läßt sich nun leicht der Schluß ziehen, daß man die Quellen benutzen kann, die Mitteltemperatur eines Ortes zu finden, daß man aber durchaus nicht sicher darauf bauen darf.

Wenn schon die Bestimmung der Wärme der Erddecke viel zu wünschen übrig läßt, so steht die Sache noch viel schlimmer in Bezug auf das Erdinnere. Der Glaube, daß das Erdinnere sehr heiß sei, steigt bis in das griechische Alterthum hinauf; im 17. Jahrhundert hat Athanasius Kircher, ein gelehrter Jesuit, diesen Satz wiederholt in der Wissenschaft eingeführt. Er hatte von den Bergleuten in Freiberg erfahren, daß in der Tiefe trockener Gruben eine größere Wärme herrsche und gründete hierauf ein großartiges Destillirsystem, denn nach ihm sollte im Erdinnern ein mächtiges Feuer sein, in dessen Bereich vermittelst großer Spalten Meerwasser hinabdringen und bei der großen Hitze in Dampf sich verwandeln sollte, welcher Dampf an der kalten Erdkruste angelangt wieder zu Wasser würde, um durch die verschiedenen Spalten und Ritzen der Berge dringend in den Quellen neuerdings zum Vorschein zu kommen. Ich brauche hier wohl kaum zu erwähnen, daß diese Theorie der Quellenbildung längst aufgegeben wurde und daß man zu der schon von Plinius geäußerten Ansicht zurückkehrte, der zufolge die Quellen aus dem Regen und Schnee, kurz dem aus den

Wolken abgesonderten Wasser zu erklären sind. Sei dem übrigens, wie ihm wolle, bereits Kircher hat das Centralfeuer angenommen. Im Laufe des vorigen Jahrhunderts wurde die Angabe Kirchers, daß die Erde nach innen zu wärmer werde, vielfach bestätigt. Nichtsdestoweniger ging die Geltendmachung der Lehre von der Centralwärme nicht ohne Widerspruch vor sich. Gegen das Ende des vorigen Jahrhunderts hatte sich nach dem Vorgange Werners in Freiberg die Ansicht gebildet, die Gesteine der Erde seien im großen Ganzen dadurch entstanden, daß Wasser, welches eine große Menge fester Substanzen theils aufgelöst hatte, theils in der Form eines Breies dieselben mit sich führte, diese verlor und als Gestein absetzte. So sollte die ganze feste Erde sich aus dem Wasser abgesondert haben.

Zu dieser Lehre kann offenbar die Annahme einer großen Hitze im Erdinnern nicht passen, denn es läßt sich nicht einsehen, wo sie herkommen soll. Es ist zuläßig anzunehmen, bei Beginn der Schöpfung habe die Erde eine große Quantität Wärme zugleich mitbekommen, denn da man die Entstehung der Erde aus dem Nichts so wenig als die der Welt überhaupt erklären kann, so geht es in Einem hin, die Erde sogleich als warm mitzunehmen. Jede Annahme eines Zustandes, wie die Erde nach dem Schöpfungsacte gewesen sei, ist zuläßig, wenn sie nur in sich selbst keine Widersprüche zeigt; doch wird unter mehreren Hypothesen diejenige vorzuziehen sein, die von den einfachsten Principien ausgeht. Sind die Annahmen über den Zustand der Erde unmittelbar nach dem Schöpfungsacte einmal gemacht, so müssen alle folgenden Ereignisse zu dem ursprünglichen Zustande und unter einander in dem Verhältnisse wie Ursache und Wirkung stehen, es muß im Ideale wie an der Kette ein Glied an dem andern, so eine Erscheinung an der andern hängen. Allerdings läßt sich dieses Ideal nicht durchführen, man kann überhaupt nicht Alles erklären, d. h. jede Erscheinung auf ihre Ursache zurückführen, und unser Wissen ist nur Stückwerk. Nichtsdestoweniger kann man verlangen, daß, wenn man auch nicht jederzeit von einer Erscheinung zu der andern übergehen kann, die Möglichkeit dieses Ueberganges denkbar sein muß, und es darf darum nie der Fall eintreten,

daß die Folge einer Voraussetzung der Beobachtung widerspricht. Hätte sich nun die Erde durch Niederschläge aus dem Wasser gebildet, so könnte sie keine Temperatur gehabt haben, die die des siedenden Wassers bedeutend übersteigt, und würde man nachträglich die Erde wärmer finden, so wäre nicht einzusehen, woher diese Wärme kommen sollte.

Wie jeder Mensch für seine Ansicht eine gewisse Vorliebe hat, so konnten sich auch die Anhänger der Werner'schen Schule nicht alsbald zu der Annahme des Centralfeuers verstehen und es wurden den diese Hitze bejahenden Experimenten verschiedene Einwürfe gemacht. So z. B. sollte die Wärmezunahme gegen unten, die von den Thermometern unzweifelhaft angegeben wurde, von der durch die Grubenlichter, von dem Umstande, daß dort viele Menschen in einem geschlossenen Raume sich befanden u. s. w. abhängen.

Diese Einwürfe waren nicht zu übersehen, so lange man von ihrer Richtigkeit sich nicht überzeugt hatte; sie mußten aber verlassen werden, als sich herausstellte, daß Gruben, die schon seit vielen Jahren nicht mehr bearbeitet worden waren, die Wärmezunahme ebenfalls zeigten, und daß von der Tiefe eines Bergwerkes aufsteigende Luftströme stets wärmer sind, als die abwärts gehenden. Reich in Freiberg hat im Auftrage des königl. sächs. Oberbergamts die Versuche mit aller möglichen Genauigkeit wiederholt, und die Wärmezunahme aufs Bestimmteste erkannt. Es wurden hiebei mehrere Thermometer möglichst senkrecht über einander in verschiedenen Tiefen in trockenes Gestein eingesetzt, und vor der Einwirkung der im Gange befindlichen Luft geschützt gaben sie die Wärme des anstehenden Gesteines an. Reich fand eine Wärmezunahme von 1° R. für je $128^{89}/_{100}$ Par. Fuß Tiefe, eine Größe, die in den Bergwerken verschiedener Länder etwas schwankt.

Die ursprünglich wärmere Erde hat im Laufe der Zeiten an ihrer obersten Decke die Wärme der Luft angenommen. Die Erde muß darum an ihrer Oberfläche am kältesten sein und die Temperatur steigt, sowie man sich von dieser entfernt. Dieser Schluß wird auch durch die interessanten Beobachtungen Alex. v. Humboldt's in den Bergwerken von Peru und Mexico, die er im Kosmos erwähnt, bestätigt.

Das Wasser, welches von den Quellen geliefert wird, kann in dem Innern eines Berges sehr weit verzweigte Schluchten finden, namentlich wenn der Boden durch vielfache vulcanische Eruptionen zertrümmert ist. So in große Tiefen dringend nimmt es die diesen entsprechende Wärme an. Das Wasser, das irgend wo im Berge in die Tiefe versinkt, kann weit unter die Sohle des Thales hinabkommen, kann auch dort unten einen großen unterirdischen See bilden, der weit weg von dem Berge sich ausbreitet. Macht man nun von dem Thalboden aus eine Oeffnung durch den Boden bis zu diesem Reservoir, so dringt das Wasser in die Höhe und thut dieses mit um so größerer Gewalt, je größer die Niveaudifferenz zwischen der Höhe, wo das Wasser in den Berg drang, und der in der Ebene oder im Thale befindlichen Ausflußmündung ist. Der so entstandene Brunnen ist ein artesischer, so benannt nach der ehemaligen Provinz Artois in Frankreich, wo diese Brunnen eine allgemeinere Verbreitung haben, obwohl sich dort nicht die ältesten derartigen Einrichtungen finden, da man diese schon seit langer Zeit in China und seit undenklichen Zeiten in der Wüste von Aegypten (Oasen von Gharbye und Theben), sowie in vielen Oasen der Sahara kennt.

Weiß man, wie tief ein artesischer Brunnen und wie groß der Unterschied der Wärme seines Wassers von der der Oberfläche ist, so ist die Rechnung über die Wärmezunahme bald gemacht. So hat der Brunnen bei Neusalzwerk 2144 Fuß Tiefe, bis zu welcher die Wärme um 23,2° C. zunimmt, was für 92,3 Fuß einen Grad gibt.

Bei diesen Messungen bleibt immer die Unsicherheit übrig, ob wohl das Wasser an der Stelle, wo es angebohrt wurde, auch wirklich so lange war, daß es deren Temperatur annehmen konnte, ob man hier nicht eine aufwärts oder eine abwärts gehende Spalte getroffen hat, in der das Wasser nur kurze Zeit sich aufgehalten hat. Im ersten Falle wird die Thermometerangabe für die betreffende Tiefe zu hoch, an der zweiten zu niedrig sein. Dieser Uebelstand konnte bei solchen Brunnen vermieden werden, die nicht überlaufen, wie der von Bregny bei Genf.

Wird ein Thermometer in verschiedene Tiefen dieses Brunnens hinabgelassen, so nimmt es nach einiger Zeit die Wärme

der Umgebung an, und die Beobachtung ergab ein Steigen der Temperatur um einen Grad für je 100 Fuß Zunahme der Tiefe. Steht das Wasser längere Zeit in einer verticalen Röhre (als solche können wir das Bohrloch des artesischen Brunnens betrachten) und ist dieses Wasser an verschiedenen Stellen verschieden warm, so entstehen in demselben Strömungen, die veranlassen, daß das wärmere Wasser aufsteigt, das kältere sinkt, und das oben angegebene Resultat der Wärmezunahme gibt unrichtige Ziffern, wenn die Untersuchung in reinem Brunnenwasser gemacht wurde, denn die oberen Schichten werden eine zu hohe Temperatur anzeigen. Aus diesem Grunde muß zu gegenauen Versuchen noch der weitere Umstand eintreten, daß das Wasser durch Beimengungen von Thon u. dgl. so zähe und schwerflüssig geworden ist, daß von solchen Strömungen nichts mehr zu befürchten steht. Dieser günstige Fall ist bei dem genannten Genfer Brunnen eingetreten.

Sieht man allenfalls von den nordchinesischen Brunnen, die sehr tief sein sollen, von denen aber eine genaue Messung nicht bekannt ist, ab und beschränken wir uns auf Europa, so steht der Brunnen von Mondorf im Großherzogthum Luxemburg als der tiefste da. Er geht 2247 Fuß hinab und zeigt eine Wärmezunahme von 1° C. auf je 95,3 Par. Fuß Tiefe. Weiter geht die directe Bestimmung nicht. Es ist allerdings nicht unmöglich, daß in späterer Zeit, vielleicht schon im Verlaufe weniger Jahre, diese Tiefe überschritten werde, allein selbst wenn man noch die doppelte Tiefe dieses Mondorfer Brunnens erreichen sollte, so ist damit im Verhältnisse zu der ganzen Erddicke noch immer so viel wie gar nichts gewonnen. Aus künstlichen Werken läßt sich daher für die Kenntniß der Wärmeverhältnisse in größeren Tiefen als die genannten wenig hoffen, und wir sehen uns daher genöthigt, uns an das zu halten, was die Natur freiwillig bietet.

Der Winke, welche die Natur uns freiwillig gibt, gibt es zweierlei, die *Thermen* oder *Warmquellen* und die *Vulcane*.

Wie ich Ihnen bereits oben gezeigt habe, erhält man einen artesischen Brunnen, wenn man von der Sohle eines Thales oder von einer Ebene aus ein Loch abwärts macht, bis man

zu einem unterirdischen Reservoir kommt, in welchem sich Wasser befindet, das auf einer näheren oder ferneren Anhöhe in den Boden gedrungen und durch Vermittlung einer Reihe zusammenhängender Klüfte in die Tiefe gekommen ist.

Die Schwierigkeit der Herstellung einer sehr tiefen Röhre wird die artesischen Brunnen immer in eine verhältnißmäßig enge Grenze einschließen. Wäre es aber nicht möglich, daß, wenn ein Spaltensystem in der Erde das Wasser in uns unerreichbare Tiefen geführt hat, ein ähnliches System dasselbe Wasser wieder heraufbringt? Warum sollte dieses nicht möglich sein? Ein artesischer Brunnen, den die Natur selbst angelegt hat, ist eine Warmquelle oder Therme.

Die Thermen liefern nur in wenigen Fällen siedendes Wasser, dagegen geben die Vulcane uns viel höhere Temperaturen, sie geben geschmolzene Steinmassen von sich.

Der Analogie nach können wir schließen, daß wenigstens diejenigen Thermen, deren Wasser mehr als 40° Wärme hat, aus größeren Tiefen kommen, als sie durch artesische Brunnen erreicht werden können, daß die Tiefen, aus denen die Vulcane schöpfen, noch weit unter denen der Thermen liegen, und darauf können wir die Annahme gründen, die Erde sei eine im Erkalten begriffene, innen noch sehr heiße Kugel; wie hoch aber diese Wärme steige, aus welchen Tiefen Thermen und Vulcane kommen, das anzugeben vermag kein Mensch.

Dreizehnter Brief.

Der Magnetismus.

Manche Eisenerze haben die Eigenschaft, Eisen und eisenhaltige Körper anzuziehen und festzuhalten, und die chemische Untersuchung zeigt, daß sie Verbindungen von Eisen und Sauerstoff (Eisenoxydoxydul, Magneteisenstein), oder von Eisen und Schwefel (Magnetkies) sind. Man findet sie an den verschiedensten Punkten der Erde und namentlich der Magneteisenstein,

das am stärksten wirkende Eisenerz, kommt bisweilen in sehr großen Massen vor. So sollen der Berg Taberg in Schwedisch-Lappland und der Pumachanche in Chili fast ganz daraus bestehen und Elba sowie Roßlag in Schweden sind berühmte Lagerstätten dieses Minerals, das als eines der das beste Eisen liefernden Erze zu betrachten ist. Von einem der Fundorte, der ehemaligen Stadt Magnesia in Kleinasien, sollen auch die Namen Magnetismus, Magnet herrühren.

Solange das Erz an seinem natürlichen Lagerungsorte sich befindet, besitzt es die merkwürdige Wirkung auf das Eisen nicht, sondern erhält sie erst einige Zeit, nachdem es gebrochen wurde.

Untersucht man ein Erzstück genauer, indem man es in Eisenfeile wälzt, so zeigt sich, daß letztere sich nicht an allen Punkten seiner Oberfläche, in gleicher Menge anhängt, denn es sind deren nur einige, welche die Anziehung in stärkerem Maaße zeigen, während die Nachbarstellen sie weniger, die entfernteren gar nicht besitzen.

Wenn man einem an einem Magnete haftenden Eisenstücke ein anderes nähert, so kann man sehr leicht wahrnehmen, daß es dieses anzieht, wie es selbst von dem Magnete angezogen worden ist, während das zweite Eisen seinerseits ein drittes festhalten kann u. s. w. Die magnetische Kraft muß darum mittheilbar sein; doch ist der so erregte Magnetismus nicht von Dauer, denn sowie das erste Stück von dem Magnete getrennt wird, erlischt in ihm wie in den andern alle Anziehung, sie verhalten sich ganz indifferent gegen einander. Nimmt man dagegen Stücke von Stahl, so werden diese zwar nicht so schnell magnetisch, dafür bleiben sie es aber auch nach der Trennung von dem Magnete.

Dadurch, daß das Eisen magnetisch wird oder seinen Magnetismus verliert, muß in seinem Innern irgend eine Veränderung vor sich gehen, die sich durch bloßes Zusammenbringen mit dem Magnete und durch Trennung von demselben bewerkstelligen läßt, indessen der Stahl der einen wie der anderen Aenderung seines Zustandes einen Widerstand entgegensetzt. Dieses Widerstandsvermögen heißt man Coërcitivkraft, die das ganz weiche Eisen entbehrt, während sie bei ihm wie bei dem Stahle mit dem Grade der Härtung zunimmt.

Die Unbequemlichkeit der Gestalt der Magneteisensteine war Veranlassung von der eben erwähnten Eigenschaft des Stahles Gebrauch zu machen, einem Stahlstücke eine beliebige Form zu geben und ihm dann Magnetismus mitzutheilen, ihn zu magnetisiren, also einen künstlichen Magnet herzustellen. Dieses geschieht am besten dadurch, daß man den Stahl mit einer der wirksamen Stellen des natürlichen Magnetes der Länge nach in einer und derselben Richtung öfters bestreicht. Bei der Untersuchung eines solchen künstlichen Magnetes zeigt sich, daß man mit ihm wie mit einem natürlichen Magnete andere Stücke magnetisiren kann, und so oft man dieses auch thun mag, so nimmt sein Magnetismus doch nicht ab, er ist unerschöpflich. Würde bei dieser Magnetisirung eines Stahlstückes irgend etwas auf dasselbe übergehen, so müßte, wenn der Verlust auch noch so gering wäre, der Magnet sich endlich erschöpfen, da dieses aber nicht der Fall ist, so läßt sich schließen, daß ohne den Uebergang irgend eines Stoffes von einem Körper auf den andern nur der Zustand, in dem sich die Theilchen des zu magnetisirenden Körpers befinden, in etwas geändert werde.

Wollen Sie nun annehmen, es sei ein Stück Stahl, etwa eine Stricknadel, durch Bestreichen mit einem Magnete in den magnetischen Zustand versetzt worden! Legen Sie dieselbe in Eisenfeile, so werden Sie nach dem Herausziehen finden, daß an den beiden Enden sich ein Bart von kleinen Eisenstückchen angesetzt hat, daß aber diese Anhängsel gegen die Mitte zu sparsamer werden und daß in der Mitte selbst gar nichts haftet. Die Stricknadel zeigt mithin dieselbe Eigenschaft, die bereits der natürliche Magnet besaß, die, daß die Wirkung nicht an allen Stellen der Oberfläche stattfindet. Die ganze Anziehung der Nadel scheint auf die beiden Ende — Pole — beschränkt zu sein.

Wenn Sie eine magnetisirte Nadel an einem Seidenfaden in der Mitte so aufhängen, daß sie eine horizontale Stellung einnimmt, und Sie nähern dann ihren beiden Polen nach einander die beiden Pole einer andern in Ihrer Hand befindlichen Nadel, so werden Sie finden, daß immer 2 Pole sich anziehen, 2 dagegen sich abstoßen. Derjenige Pol, der das eine Ende der hängenden Nadel anzieht, stößt das andere ab, während

der andere Pol das entgegengesetzte Verhalten hat. Nennt man die sich anziehenden Pole freundliche, die sich abstoßenden feindliche, so haben 2 Nadeln immer 2 freundliche und 2 feindliche Pole, woraus folgt, daß es zweierlei Magnetismen geben müsse, die wie Anziehung und Abstoßung in einem gewissen Gegensatze zu einander stehen. Haben Sie mehrere Nadeln zur Hand, und untersuchen Sie die Wirkungen der jeweiligen Pole zuerst auf die Pole der hängenden Nadel und dann unter sich, so wird sich zeigen, daß diejenigen Pole zweier verschiedenen Nadeln, die auf einen gewissen Pol einer aufgehängten gleich wirken, sich unter einander abstoßen, daß sie sich dagegen anziehen, wenn ihr Verhalten gegen die aufgehängte Nadel sich entgegengesetzt ist. Zwei zu einem Pole der aufgehängten Nadel freundliche oder feindliche Pole sind unter einander feindlich, sie sind sich aber freundlich, wenn der eine dem Nadelpole feindlich, der andere freundlich ist. Daraus folgt der Satz: Gleichartiges stößt sich ab, Ungleichartiges zieht sich an. Die Untersuchungen von Coulomb haben gezeigt, daß die Wirkungen, die von den Polen ausgehen, mit wachsender Entfernung zwischen den Polen zweier Nadeln nach demselben Gesetze abnehmen, wie die Schwerewirkung, und dieses Gesetz erstreckt sich sowohl auf die Anziehung, als auch auf die Abstoßung.

Wenn von den beiden Enden eines Magnetes jedes einen andern Magnetismus zeigt, so liegt es nahe, den Versuch zur Isolirung der beiden dadurch zu machen, daß man den, beide Magnetismen an gesonderten Stellen enthaltenden Körper da, wo er indifferent ist, also in der Mitte, in 2 Theile theilt. Geschieht dieses und untersucht man die Bruchstücke, so zeigt sich, daß jedes derselben wieder an beiden Enden je einen Pol hat, wovon mithin der eine an derjenigen Stelle ist, die vorher bei dem ganzen Magnete in der Mitte, also an dem ganz wirkungslosen Punkte war, und so oft auch die Bruchstücke wieder getheilt werden, so wird stets jeder Theil seine 2 Pole haben.

Soll die Reihe von Erscheinungen, die ich Ihnen soeben vorgeführt habe, erklärt, d. h. in einen Zusammenhang unter einander gebracht werden, so sehen wir uns zu der Annahme genöthigt, daß es 2 verschiedene sich wie positiv und negativ

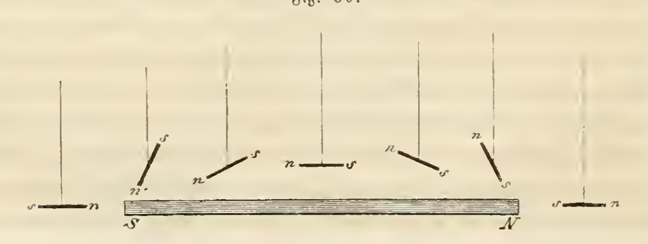
entgegengesetzte Zustände geben müsse, unter denen das magnetische Eisen uns entgegentritt, daß aber diese beiden Zustände gleichzeitig in jedem kleinsten Theilchen vorkommen, wobei wir es unentschieden lassen können, was denn ihr eigentliches Wesen sei, wenn wir nur den Satz von der Abstoßung des Gleichartigen und der Anziehung des Ungleichartigen beibehalten. Man kann sich einen Magnet nach dem nachstehenden Schema Fig. 29 zusammengesetzt denken, wenn seine einzelnen kleinsten

Fig. 29.



Theilchen durch die kleinen Rechtecke vorgestellt werden, von denen jedes der verschiedenen Schattirung gemäß beide Magnetismen enthält; doch besteht ein Magnet nicht aus einer einzigen Reihe, sondern aus einer großen Anzahl derselben. Jedes Theilchen ist für sich ein Magnet und seine Pole wirken nach außen entweder anziehend oder abstoßend. Wird ein Körper von vielen anderen an verschiedenen Orten befindlichen angezogen, so combinirt sich deren Gesammtwirkung in der Art, daß sie von einem je nach der Anordnung der anziehenden Theilchen verschieden gelegenen einzelnen Punkte auszugehen scheint, wie Sie dieses bei der Dichtigkeitsbestimmung der Erde in Beziehung auf den Anziehungsmittelpunkt gesehen haben. Bei den Magnetstücken wirken 2 je nach Umständen anziehende oder abstoßende Kräfte und als Repräsentanten aller dieser Thätigkeiten lassen sich 2 Punkte betrachten, die unfern den beiden Enden des Stabes sich befinden und entgegengesetzten Magnetismus haben, unsre Pole. Eine kleine über dem Magnete so aufgehängte Nadel, daß sie sich nach allen Richtungen drehen kann, wird daher an verschiedenen Aufhängungspunkten die in Fig. 30 angegebene Richtung bekommen; sie steht in der Mitte horizontal, denn beide Pole

Fig. 30.



N und S des Stabes wirken gleichmäßig auf ihre Pole n und s ein, dagegen neigt sie sich auf beiden Seiten in verschiedenem Sinne, da jedesmal ein anderer Pol in geringerer Entfernung, also stärker wirkt. Ueber dem Pole steht die Nadel senkrecht und allemal wird der dem Pole des Stahles entgegengesetzt magnetisirte Pol der Nadel gegenüberstehen.

Es ist wie bereits erwähnt unmöglich, daß ein Magnet weniger als 2 Pole hat, oder daß diese beiden Pole einerlei Magnetismus besitzen. Man kann aber an demselben Magnete 3 und mehr Pole zum Vorschein bringen, doch sind bezüglich des Magnetismus je 2 auf einander folgende Pole sich entgegengesetzt. Streicht man einen Stahlstab von der Mitte aus gegen die beiden Enden hin jedesmal mit dem nämlichen Pole eines Magnetes, so haben diese beiden Enden gleichzeitig denjenigen Magnetismus, der dem angewandten Pole entgegengesetzt ist, während die Mitte einen diesem gleichnamigen Pol besitzt. Bei Zugrundelegung mehrerer Anfangspunkte entstehen mehrere solche Pole, sogenannte Folgepunkte, und dieses Verfahren gelingt um so besser, je härter der Stahl ist, d. i. je mehr Coërcitivkraft er hat, ja bei sehr hartem Stahle bekommt man selbst bei ganz regelmäßigem Striche solche Folgepunkte, weil bei bedeutendem Härtegrade eben die Härte nicht in der ganzen Ausdehnung eines Stabes dieselbe ist. Die Folgepunkte liegen bei Magneten, deren Breite unbedeutend ist, hinter einander, bei Platten oder dicken Körpern dagegen können sie auch an den verschiedensten Stellen sich befinden, und eine Nadel, die man über die einzelnen Punkte eines mit mehreren Polen versehenen Körpers hinführt, muß Stellungen einnehmen, die von ihrer jeweiligen Entfernung von den einzelnen Folgepunkten und der Qualität ihres Magnetismus abhängig sind. Ihre Richtungsänderung wird um so unregelmäßiger, je weniger symmetrisch die Folgepunkte gelagert sind.

Legt man eine Magnetnadel auf ein im Wasser schwimmendes Stückchen Kork, so wird sie sich selbst überlassen sich so stellen, daß ihr einer Pol in die Gegend von Nord, der andere mithin gegen Süden zeigt, doch fällt diese ihre Richtung, zu der sie allemal wieder zurückkehrt, wenn sie davon abgebracht wird, im Allgemeinen nicht mit dem astronomischen Meridian zusam-

men, sondern macht bald nach der einen bald nach der andern Seite einen Winkel mit demselben. Diese Richtung der Magnetnadel möge zum Unterschiede von der reinen Südnordrichtung die des magnetischen Meridians heißen.

Sie lesen im Kosmos, daß diese Beharrlichkeit der Nadel, mit der sie ihre Stellung beizubehalten strebt, von den Chinesen schon vor mehr als 2000 Jahren dazu benutzt wurde, auf Reisen die Richtung des einzuschlagenden Weges zu finden.

In der vorstehenden Weise auf dem in einem Gefäße befindlichen Wasser schwimmend wird es, selbst wenn letzteres scheinbar in Ruhe ist, nicht lange dauern, bis der Kork sich der Gefäßwandung so genähert hat, daß die Drehung der Magnetnadel nicht mehr ausführbar ist und noch eher wird dieser Umstand eintreten, wenn das Wasser, wie es z. B. auf einem Schiffe nicht anders möglich ist, sich bewegt. Aus diesem Grunde ist man schon frühe darauf gekommen, die Nadel in ihrer Mitte auf einer feinen Metallspitze so aufzusetzen, daß sie sich nach allen Horizontalrichtungen frei drehen kann, ohne darum ihre Stelle zu verlassen. Je größer nun die Reibung an der Stelle, wo die Nadel auf der Spitze ruht, ist, um so weniger genau wird die Richtung des magnetischen Meridians sich angeben lassen, und man ist dadurch veranlaßt worden, in der Nadel ein Achathütchen zu befestigen, welches auf die feststehende Spitze aufgesetzt wird. Auf diese Weise wird die Reibung bedeutend vermindert; doch bedient man sich besonders nach dem Vorgange Coulombs einer Methode, bei welcher der Bewegung der Nadel noch weniger Hindernisse in den Weg gelegt werden und die bei genaueren Messungen allemal angewandt wird, wenn man einen festen, nicht schaukelnden Punkt zur Verfügung hat, während auf dem Schiffe die auf der Spitze sich drehende Nadel in Anwendung geblieben ist. Diese Methode besteht darin, daß man die Nadel oder den Magnetstab an Coconfäden oder dünnen Metalldrähten aufhängt. Hier hat der Magnet bei seiner Bewegung nichts als den geringen Widerstand zu überwinden, den ihm der Faden bei seiner Drehung — Torsion — entgegensetzt, der aber bei einem oder einigen wenigen einfachen Coconfäden nur äußerst gering ist. Hat man mehrere Fäden, so sind diese entweder alle in einem einzigen Büschel bei einander, oder man

theilt sie in 2 mit einander parallele Gruppen, so daß der Magnet gewissermaßen an einem Bande hängt, von dem jedoch nur die Ränder gelassen, das Innere weggenommen ist — Bifilaraufhängung. — Wenn man eine Stahlnadel in ihrem Schwerpunkte so aufhängt, daß sie sich in der Verticalebene zu drehen vermag, so wird sie, solange sie unmagnetisch ist, vollkommen horizontal stehen, selbst wenn man sie in die Richtung des magnetischen Meridians bringt; wird sie jedoch magnetisirt, so verläßt sie auch alsbald die Horizontalstellung und neigt auf der Nordhalbkugel der Erde das nördliche, auf der Südhemisphäre das südliche Ende gegen den Boden. Die magnetische Nadel steht horizontal in der Nähe des terrestrischen Aequators, neigt sich aber bei wachsender Breite mehr und mehr.

Vergleichen Sie dieses Verhalten der Magnetnadel, die an verschiedenen Orten der Erde beobachtet wird, mit den Stellungen einer Nadel, die über einen magnetischen Körper hingeführt wird, denselben, die Sie in Fig. 30 dargestellt gefunden haben, so fällt Ihnen sicherlich die Analogie in die Augen, welche die Erde mit einem großen Magnete hat. Man kann die Erde als eine magnetische Kugel betrachten, deren magnetische Pole in der Gegend der astronomischen liegen.

In der Gegend des astronomischen Nordpoles der Erde befindet sich der Anziehungspunkt des einen Magnetismus, den wir Nordmagnetismus nennen wollen, in der Gegend des astronomischen Südpoles ist in gleicher Weise der Südmagnetismus in Wirksamkeit. Da Entgegengesetztes sich anzieht, Gleichartiges sich abstößt, muß das Nordende der Magnetnadel den Gegensatz zum Nordmagnetismus, also den Südmagnetismus enthalten, das Südende der Nadel dagegen den nördlichen. Dieser Umstand ist die Veranlassung, daß man in Frankreich nicht das nördliche Ende der Nadel Nordpol nennt, sondern das südliche, während der Südpol am Nordende sich befindet. In Deutschland heißt das nördliche, also das Südmagnetismus enthaltende Ende Nordpol, das südliche Südpol, und die beiden Bezeichnungen entsprechen daher den Worten Nordende, Südende der beweglichen Magnetnadel.

Weil die Erde als Magnet wirkt, so übt sie ihren Einfluß auch auf alles Eisen und jeden Stahl aus. Jede verticalstehende

oder von Süd nach Nord gerichtete Eisenstange ist, solange sie in dieser Stellung verharrt, magnetisch. Das nach dem Boden oder das nach Norden zeigende Ende enthält Südmagnetismus. Liegt ein Magnetstab verkehrt, so wird seine Kraft geschwächt, und man schützt ihn davor dadurch, daß man an seine Enden Stücke von weichem Eisen legt, ihn also gewissermaßen beschäftigt. Theils um nicht 2 solche Eisen nothwendig zu haben, theils um die beiden Pole einander näher zu bringen, ist eine gewöhnliche Form der Magnete die des Hufeisens, das an seinen Enden die beiden Magnetismen enthält, und durch ein einziges Stück Eisen, den Anker, geschützt wird.

Eigenthümlich ist die Beziehung des Magnetismus zur Wärme. Letztere ist des ersteren Feindin, denn macht man einen Magnet warm, so wird sein Magnetismus schwächer und warmes Eisen wird von dem Magnete weniger stark angezogen, ja glühende Eisennadeln verhalten sich gegen gewöhnliche Stahlmagnete ganz indifferent.

Vierzehnter Brief.

Die Elektricität.

Die Herstellung künstlicher Magnete, mit der ich Sie in dem vorigen Briefe bekannt gemacht habe und die dadurch bewerkstelligt wird, daß man Stahl durch Bestreichen mit einem natürlichen oder künstlichen Magnete fähig macht, Eisen anzuziehen und festzuhalten, ist nicht die einzige, die wir besitzen. Gerade die stärksten Magnete verdankt man einer Naturthätigkeit, der Elektricität, die ohne mit dem Magnetismus identisch zu sein so viel Analogien mit demselben bietet, und so innig mit ihm verbunden ist, daß eine Besprechung des Magnetismus ohne sie bei dem heutigen Zustande der Naturwissenschaft zu den Unmöglichkeiten gehört, weshalb ich Sie um die Erlaubniß

bitten muß, in diesem Briefe ihre Grundzüge, soweit wir sie nothwendig haben, in Kürze darzulegen.

Wenn Sie eine Glasstange oder Siegellack an einem wollenen Lappen reiben, erhalten beide die Fähigkeit, leichte Gegenstände, wie kleine Stückchen Papier oder an Seidenfäden aufgehängte Korkkügelchen anzuziehen. Die angezogenen Körper haften einige Zeit an dem geriebenen Gegenstande, werden aber, und dieses ist der charakteristische Unterschied zwischen Elektricität und Magnetismus, dann wieder abgestoßen, während die durch den Magneten angezogenen Körper eine Abstoßung nicht mehr erfahren. Machen Sie den Versuch mit dem an einem Seidenfaden hängenden Korkstückchen, so werden Sie alsbald finden, daß letzteres, nachdem es nur kurze Zeit an der Glas- oder Siegellackstange gehaftet hatte, derselben ausweicht. Wird dem Korke, der die Glasstange flieht, eine geriebene Siegellackstange entgegen gehalten, so geht er darauf zu, um sie dann ebenso zu fliehen, worauf er wieder von dem Glase angezogen wird u. s. w. Ein von dem Siegellack abgestoßener Körper wird von dem Glase angezogen und umgekehrt. Man schließt hieraus, daß Glas und Siegellack einen Gegensatz zu einander bilden, wie die beiden Pole eines Magnetes. Glas und Siegellack in dem Zustande, in dem sie die genannte Wirkung äußern, heißen elektrisch, und die Glaselektricität wird zum Unterschiede von der des Siegellackes positive, diese negative genannt. Geriebener Bernstein wird negativ elektrisch, verhält sich also wie Siegellack. Reibt man Glas mit Wolle oder Seide, so wird es positiv, reibt man es aber mit Katzenbalg, negativ. Die 2 Benennungen positiv und negativ dienen übrigens nur, um den Gegensatz beider auszudrücken und man könnte mit demselben Rechte die beiden vertauschen.

Man lernte die elektrische Anziehung zuerst an dem Bernsteine, dem Elektron der Alten kennen: daher der Name Elektricität.

Worin eigentlich das Wesen der Elektricität bestehe, läßt sich nicht angeben; es ist etwas da, doch verschwindet dieses Etwas alsbald wieder, wenn man mit der Hand über den geriebenen Körper hinfährt. Man sagt, es breite sich ein Fluidum, eine Art Flüssigkeit über ihn aus, doch ist hiebei durchaus nicht an einen Stoff zu denken, wie etwa das Wasser ist, sondern

es ist nur etwas, was eine Eigenschaft desselben, die Beweglichkeit, im hohen Grade besitzt. Etwas Aehnliches legt man auch dem Magnetismus zu Grunde. Darum sagt auch, wie Sie im Kosmos S. 50 finden, Herr v. Humboldt hierüber: „Der chinesische Lobredner der Magnetnadel, Kurpho, vergleicht die Anziehungskraft des Magnets mit der des geriebenen Bernsteins. Es ist nach ihm „wie ein Windeshauch, der beide geheimnißvoll durchweht und pfeilschnell sich mitzutheilen vermag.“

Man nimmt an, jeder Körper besitze von Natur die beiden elektrischen Flüssigkeiten, von denen jede, solange sie mit einander verbunden sind, die Wirkungen der andern aufhebt, weil sie beide den diametralen Gegensatz zu einander bilden. Die Reibung veranlaßt, man weiß jedoch nicht wie, eine Trennung der beiden Elektricitäten in der Weise, daß das Glas positiv, das Reibzeug negativ wird, und nun erst kann die Elektricität des Glases als nur einseitig vorhanden eine Thätigkeit nach außen ausüben. Nähert man einen geriebenen Glasstab einem beweglichen Korkstücke, so wird, da dieses beide Elektricitäten gemischt enthält, die der Glaselektricität gleichnamige, also die positive Elektricität auf die Hinterseite des Korkes, die negative auf die dem Glase zugewandte Seite gehen. Erstere wird abgestoßen, und sucht den Kork mitzunehmen, weil aber die negative auf der dem Glase näheren Seite befindliche Elektricität angezogen wird und der geringeren Entfernung wegen stärker wirkt, resultirt allgemein eine Anziehung. Haben Kork und Glas sich einige Zeit berührt, so hat die negative Elektricität des Korkes sich mit einem Theile der positiven des Glases verbunden und wird nun nicht mehr thätig sein; dagegen wird die noch übrige positive allein und zwar abstoßend wirken, das Korkkügelchen muß sich daher von dem Glase entfernen. Der Kork ist nun positiv, denn auf ihm befindet sich mehr positive Elektricität als negative, und aus diesem Grunde wird er jetzt von geriebenem Siegellack angezogen.

Würde man den Kork statt an einem Seidenfaden an Baumwolle oder einem dünnen Metalldrahte aufhängen, so käme es wohl zu einer Anziehung, aber niemals würde eine Abstoßung darauf folgen, denn der Kork geht von einer Stelle des ihm genäherten Glases zur andern und nimmt nach und

nach sämmtliche auf dessen Oberfläche befindliche Elektricität weg. Die Ursache dieser auffallenden Erscheinung liegt darin, daß die von dem Glase abgestoßene positive Elektricität durch den Draht fortgehen kann, daß aber in dem Maaße als diese entweicht, negative hereinkommt, um sich mit der auf dem Glase befindlichen freien Elektricität zu verbinden. Würde der Draht oder der Baumwollfaden, an dem der Kork hängt, selbst wieder an einem Seidenfaden befestigt sein, so wäre die Erscheinung dieselbe, wie bei dem Seidenfaden allein. Der Draht läßt die Elektricität durch, ist ein Leiter derselben, der Seidenfaden dagegen ist ein Nichtleiter. Wir begegnen hier wieder Erscheinungen, welche mit der Fortpflanzung der Wärme durch Leitung manche Aehnlichkeit haben. Wie dort manche Stoffe dem Uebergange der Wärme verhältnißmäßig wenig Widerstand in den Weg setzen, so geht auch die Elektricität durch ihre Leiter sehr leicht und umgekehrt. Die guten Wärmeleiter sind in der Regel auch gute Leiter für die Elektricität; doch geht letztere mit einer Geschwindigkeit, die nach Tausenden von Meilen in der Secunde zählt, während der beste Wärmeleiter die Wärme in derselben Zeit in merkbarer Quantität keine Linie fortzuführen vermag. Die schlechten Leiter für Wärme sind mit Ausnahme der Kohle fast sämmtlich schlechte Elektricitätsleiter, und unter letzteren stehen in erster Reihe: Glas, Harz (Siegellack), Schwefel, Seide, trockene Luft, die, obwohl nicht streng richtig, die Bezeichnung Nichtleiter haben. Zwischen diesen und den besten Leitern, den Metallen, ist die große Menge der andern Stoffe, der Halbleiter. Jeder Körper bietet aber die eine Elektricität genau eben so gut, als die andere.

Wenn man einen Gegenstand an dem andern reibt, so werden die beiden Elektricitäten, die vorher mit einander verbunden sich neutralisirt, d. h. ihre Wirkungen nach außen gegenseitig aufgehoben hatten, getrennt, die Oberfläche des einen enthält positive, die des andern negative Elektricität. Warum dieses geschieht, läßt sich ebensowenig sagen, als man, ohne vorher den Versuch gemacht zu haben, angeben kann, welche der beiden Elektricitäten der Körper bekommen werde. Mag man übrigens 2 verschiedene Körper, welche immer man will, an einander reiben, immer werden auf den beiden die 2 entgegen-

gesetzten Elektricitäten frei. Ist der eine davon oder sind beide Leiter, so geht die entwickelte Elektricität bei dem einen oder in letzterem Falle bei beiden in dem Maaße fort, als sie entwickelt wird, und es können daher nur Nichtleiter für sich in der Weise elektrisch gemacht werden, daß sie wirklich freie Elektricität noch einige Zeit an ihrer Oberfläche haben. Die durch Reibung von Leitern getrennten Elektricitäten gehen nur darum unserer Wahrnehmung verloren, weil sie durch ihr Uebergehen von einem Leiter auf den andern endlich in die Erde gelangen, gegen deren große Dimensionen sie vollkommen verschwinden. Isolirt man dagegen einen Leiter, d. i. umgibt man ihn mit lauter Nichtleitern, welche die auf ihm entwickelte Elektricität nicht durchlassen, so findet man alsbald, daß er dieselben Erscheinungen zeigt, wie Glas oder Siegellack. Die Isolation bewerkstelligt man gewöhnlich durch Aufhängen des Leiters an Seide, oder indem man ihn auf Schemel mit Glasfüßen legt; Drähte werden sehr häufig durch Umspinnen mit Seide isolirt. Die Isolation ist vollendet, wenn nur Nichtleiter, seien sie welche sie wollen, den zu isolirenden Gegenstand umgeben. Bei der Elektricität nimmt wie bei dem Magnetismus die Wirkung, sei sie Anziehung oder Abstoßung, ab, wie das Quadrat der Entfernung wächst.

Die vielen Analogien, welche Magnetismus und Elektricität bieten, waren Veranlassung, die elektrischen wie die magnetischen Erscheinungen aus dem Vorhandensein zweier Fluida abzuleiten, aber während die elektrischen Fluida von einem Körper auf den andern gehen, bleiben die magnetischen nicht nur in demselben Körper, sondern sogar in jedem einzelnen kleinsten Theile desselben und erst in diesen befinden sie sich im magnetischen Zustande des Gegenstandes von einander getrennt. Die weißen und schwarzen Stellen, die Sie in Fig. 29 wahrnehmen, geben demnach die Vertheilung der Orte an, an denen die Flüssigkeiten sich befinden. Solange beide durch einander gemengt im kleinsten Theile sich befinden, ist der Körper unmagnetisch, dieser Zustand ändert sich aber, sowie die Trennung erfolgt. Uebrigens beruhen diese Sätze nur auf Hypothesen, Annahmen, die man wählt, um eine Reihe von Vorgängen zusammenfassen zu können, denn die Existenz der verschiedenen Fluida ist nicht

nur nicht erwiesen, man kann sich ihre Natur gar nicht einmal recht vorstellen.

Berührt man einen feststehenden, aber isolirten Leiter (gewöhnlich hat man eine auf einem Glasfuße stehende Kugel von Metallblech) mit einem geriebenen Nichtleiter, so geht die Elektricität des letzteren auf den ersteren über, und man kann auf diese Weise durch Wiederholung des Verfahrens auf dem Leiter einen Vorrath von Elektricität sammeln, die bei der Annäherung etwa des Fingers in Gestalt eines mehr oder minder langen Funken überspringt.

Der elektrische Funke wurde schon frühzeitig mit dem Blitze verglichen, doch gelang es erst Franklin, dem berühmten nordamerikanischen Freiheitshelden, den Beweis von der Identität beider Erscheinungen dadurch zu liefern, daß er die Elektricität einer Wolke vermittelst eines Drachen, des beliebten Spielzeugs der Knaben, den er in die Höhe steigen ließ, herab auf die Erde leitete. Die Luft ist beständig elektrisch, und diese Elektricität steigert sich bei dem Gewitter zu einem so hohen Grade, daß von einer Wolke zur andern oder auf die Erde Funken (Blitze) überspringen.

Auch bei der Erklärung der atmosphärischen Elektricität ist man noch nicht über die Hypothesen weggekommen.

Die Trennung der Elektricitäten kann nicht nur durch Reibung zweier Körper an einander, sondern schon durch bloße Berührung entstehen. Sind 2 Metalle in Contact mit einander, so ist, solange dieses dauert, stets das eine positiv, das andere negativ elektrisch, denn wenn die Trennung auch nur an der Berührungsstelle erfolgte, so haben sich die beiden Elektricitäten doch bald über das ganze leitende Metall ausgebreitet. Die Frage, welches von den beiden sich berührenden Metallen positiv, welches negativ werde, ließ sich nicht a priori beantworten, doch haben die Versuche gezeigt, daß sie alle eine gewisse Scala einhalten. Wie bei den Stufen einer Treppe diejenige, welche höher liegt als eine andere, auch zugleich über denen steht, die unter der letzteren liegen, so wird jedes Metall, das mit einem zweiten in Berührung gebracht positiv wird, auch positiv mit jedem andern, das in Berührung mit dem zweiten negativ ist. Bringt man Zink und Kupfer zusammen,

so wird ersteres positiv, das Kupfer negativ; Kupfer mit Platin wird positiv, also auch das Zink mit dem Platin. Die Erfahrung lehrt, daß, wenn von den nachstehenden Metallen je 2 zusammengebracht werden, immer das eine mit allen darüberstehenden negativ, mit allen untern positiv wird.

+
Zink,
Blei,
Zinn,
Kupfer,
Silber,
Gold,
Platin.
—

Das Zink nimmt in gewisser Beziehung die oberste Stufe der Treppe ein, das Platin die unterste. Der Höhenunterschied zwischen den einzelnen Stufen nimmt zu, je mehr Glieder der Reihe übersprungen werden, es wächst, wenn ich mich hier eines Kunstausdrucks bedienen darf, die elektrische Spannung. Was ist elektrische Spannung?

Denken Sie, Sie haben eine Heerde von Schafen vor sich, die aus gleichviel weißen und schwarzen Individuen besteht. Diese Heerde wird sich von einer Ferne, wo Sie die einzelnen Stücke nicht mehr unterscheiden können, Ihnen als ein grauer Fleck darstellen, und für den Fall, daß Sie die Heerde in 2 gleiche Theile gesondert denken, würde das Grau des einen derselben auch der Farbenton des andern sein. Es soll nun eine gewisse Anzahl von schwarzen Schafen aus dem einen Haufen in den andern gehen, eine gleiche Anzahl von weißen den entgegengesetzten Weg machen. Jetzt werden die beiden Haufen verschieden erscheinen, und diese Verschiedenheit wird um so auffallender sein, je mehr die schwarzen Schafe auf der einen, die weißen auf der andern Seite vorwiegen.

Ganz ähnlich verhalten sich die 2 Elektricitäten, die eine derselben entspricht den schwarzen, die andere den weißen Schafen. Solange in 2 Körpern die beiden Elektricitäten gleich vertheilt sind, so lange haben wir den Zustand, der den gleichgrauen Heerden analog ist. Die Trennung der Elektricitäten ist gleich-

bedeutend der Verschiedenheit der Farben. Je vollständiger die Elektricitäten getrennt sind, um so größer ist die Spannung, die Wirkung nach außen.

Die Spannung in den durch Reibung elektrisch gemachten Körpern ist eine sehr bedeutende, weshalb deren Wirkung auch sehr leicht bemerkt wird; die Spannung der Berührungselektricität dagegen ist sehr gering und nur empfindliche Apparate zeigen sie an, woran auch die Schuld liegt, daß, während man schon im grauen Alterthum die Reibungselektricität kannte, die Entdeckung der Berührungselektricität dem letzten Jahrzehent des vergangenen Jahrhunderts vorbehalten war. Der Entdecker war der Professor der Anatomie an der Universität zu Bologna, Aloisius Galvani, nach dem diese Elektricität auch die Bezeichnung Galvanismus, galvanische Elektricität erhalten hat.

Die galvanische Elektricität hat allerdings die Spannung der Reibungselektricität nicht, bietet aber doch mannichfache Vortheile vor derselben, denn um diese zu erhalten müssen Körper gerieben werden, und man hat daher eine Arbeit zu verrichten, während bei der durch bloße Berührung entstehenden Elektricität nur die Metalle zusammengebracht werden dürfen.

Wenn die zwischen 2 Metallen durch Berührung entstehende elektrische Spannung so schwach ist, daß man sie kaum wahrnimmt, so liegt es nahe, sich um ein Verfahren umzusehen, welches die Wirkung verstärkt. Wiederholtes Aufeinanderlegen von Metallen hilft hier nichts, denn mögen die Zwischenglieder der Reihe in einer Ordnung kommen, in welcher sie wollen, das Gesammtresultat wird stets dieselbe elektrische Differenz sein, wie sie durch unmittelbares Aufeinanderlegen der beiden Endmetalle wäre. Hätte man z. B. die Metalle Zink, Platin und Kupfer der Reihe nach aufeinandergelegt, so wäre eine elektrische Differenz zwischen Zink und Platin und ebenfalls eine zwischen Platin und Kupfer. Von dem Zinke zum Platin muß man, um den obigen Vergleich festzuhalten, die ganze Treppe hinunter von dem Platin zum Kupfer, wieder 3 Stufen in die Höhe, es ist mithin das Gesammtresultat dasselbe, als wäre man nur vom Zink zum Kupfer hinabgestiegen. Die elektrische Spannung zwischen den beiden Endgliedern

ist mithin gerade so groß, als wäre das Platin gar nicht vorhanden.

Die Elektricität kann nicht nur durch Berührung von Metallen, sondern auch durch Contact der andern Körper entstehen, also auch wenn man ein Metall mit einer Flüssigkeit zusammenbringt. Bei den Flüssigkeiten beobachtet man jedoch ein anderes Verhalten als bei den Metallen. Taucht man Zink oder Kupfer in eine Flüssigkeit, z. B. verdünnte Schwefelsäure, so findet man sein hervorragendes Ende negativ-, die Flüssigkeit positiv-elektrisch. Ein Metall, das auf das Zink dieselbe Wirkung hervorbrächte, wie die verdünnte Schwefelsäure wäre in obiger Spannungsreihe über das Zink zu setzen, und weil in dieser das Zink höher steht als das Kupfer, würde letzteres in die Flüssigkeit getaucht um so stärker negativ, als es selbst in der Reihe tiefer steht als das Zink. Allein das ist nicht der Fall, und hierin beruht der Unterschied in dem elektrischen Verhalten von Flüssigkeiten und festen Körpern, denn das Zink wird mit der Schwefelsäure viel stärker negativ, als es durch Berührung mit Kupfer positiv wird, und dieses wird mit derselben Schwefelsäure viel schwächer negativ als mit dem Zinke. Hätte man nur Zink und Schwefelsäure zum Versuche genommen, so hätte man zu dem Schlusse kommen müssen, die letztere stehe in der Spannungsreihe höher als ersteres, während der Versuch mit Kupfer und Schwefelsäure allein die letztere zwischen Kupfer und Zink gesetzt hätte. Da aber ein und derselbe Körper in der Reihe nicht zugleich an verschiedenen Orten stehen kann, so ergibt sich, daß die Säure überhaupt nicht hinein paßt. Auch bei dem Verhalten gegen die andern Metalle behält die Schwefelsäure ihr abnormes Verhalten, und diese Eigenschaft theilt sie mit den andern Flüssigkeiten.

Welches die Ursache dieser auffallenden Eigenschaft der Flüssigkeiten sei, weiß man zur Zeit nicht, gestatten Sie mir daher, Sie mit einer Hypothese bekannt zu machen.

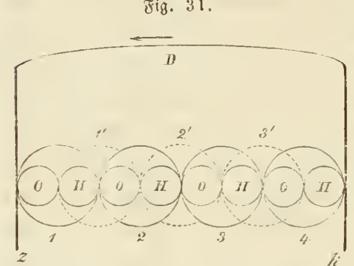
Man erhält die verdünnte Schwefelsäure, indem man die concentrirte mit Wasser mischt, und wir haben sie daher als eine Verbindung der letzteren mit Wasser zu betrachten. Das Wasser besteht aus Sauerstoff und Wasserstoff. Herr Cotta

hat in einem seiner Briefe (III. Bd. 2. Brief) Ihnen bereits geschrieben, daß nach der gegenwärtigen Chemie die sämmtlichen Körper, welche wir auf der Erde finden, als aus verschiedenen Stoffen zusammengesetzt zu betrachten sind, deren weitere Zerlegung bisher nicht gelungen ist, und die wir daher als Elemente oder Urstoffe anzunehmen uns genöthigt sehen. Diese Elemente haben ein verschiedenes elektrisches Verhalten, wenn man sie zusammenbringt, und es läßt sich nach diesem eine Spannungsreihe zusammenstellen, die Sie in demselben Briefe (Seite 11) finden und von der die von mir oben angegebene eigentlich nur ein Stück ist. Zugleich bemerkte Herr Cotta, daß, je weiter die Stoffe in der Reihe von einander entfernt sind, desto lieber sie sich mit einander verbinden, oder wie der Chemiker sagt, daß sie desto größere Verwandtschaft haben. Betrachten Sie nun die Stellung, welche die Körper Zink, Kupfer, Wasserstoff und Sauerstoff in dieser Reihe einnehmen, so finden Sie alsbald, daß die beiden ersteren zum Sauerstoff größere Verwandtschaft besitzen als zum Wasserstoff, das Zink mehr als das Kupfer. Das Wasser, in welches wir die Metalle getaucht denken wollen, besteht, wie bereits erwähnt, aus Sauerstoff und Wasserstoff, seine kleinsten Theile sind beweglich und es müssen daher die dem Metalle nächsten Wassertheilchen ihren Sauerstoff gegen dieses kehren, den Wasserstoff abwenden. Die nächstliegenden Wassertheilchen werden dieselbe Stellung einnehmen, es ist, wie wenn lauter ganz kleine Magnete das Wasser zusammensetzen und dieses befindet sich in einem Zustande von Polarisation. Sie werden bei dem Durchlesen des Kosmos diese Polarisation der Flüssigkeiten erwähnt finden. Es ist nun der jeweilige Wasserstoff positiv, der Sauerstoff negativ; der letzteren berührende (eingetauchte) Metalltheil positiv und der aus der Flüssigkeit hervorragende negativ. Die Kraft, mit welcher das Kupfer diese Polarisation zu Stande bringt, ist kleiner als die des Zinks, denn Kupfer steht in der Spannungsreihe zwischen Zink und Sauerstoff. Taucht man beide Metalle gleichzeitig in das Wasser, so werden die Sauerstofftheilchen dem Zinke, der Wasserstoff dem Kupfer zugewendet sein; die Kraft, welche dieses bewerkstelligt, ist gleich der Wirkung des Zinks weniger der des Kupfers, denn wenn der Sauerstoff gleichzeitig

nach 2 verschiedenen Richtungen angezogen wird, muß die Kraft, mit der er sich in der einen einstellt, der Differenz beider Kräfte gleich sein. Geht von dem Kupfer ein Draht zu dem Zinke, so geht der das letztere berührende Sauerstoff von dem Wasserstoffe weg und verbindet sich mit dem Zinke zu Zinkoxyd, das von der Schwefelsäure aufgelöst wird, während der freigewordene Wasserstoff sich an den Sauerstoff des benachbarten Wassertheilchens hält u. s. w., bis endlich an dem Kupfer der Wasserstoff des letzten sich als Gas abscheidet.

Von diesem Vorgange möge Fig. 31 eine Darstellung sein.

Fig. 31.



Die 2 Verticalstriche z und k stellen die Zink- und Kupferplatte vor, zwischen denen die durch die ausgezogenen Kreise 1—4 repräsentirten Theilchen von Wasser sich befinden, welche wieder aus Sauerstoff (O, Oxygen) und Wasserstoff (H, Hydrogen) zusammengesetzt sind. Sowie der Draht D, dem man übrigens verschiedene Gestalt und Länge geben kann, Zink und Kupfer verbindet, so bildet der Sauerstoff des Wassertheilchens 1 mit einem Theile Zink die Verbindung Zinkoxyd, während das Wasserstofftheilchen 1 sich mit dem Sauerstoffe von 2 zu Wasser verbindet, das durch den nicht ausgezogenen Kreis 1' dargestellt ist. Dadurch wird der Wasserstoff 2 frei und verbindet sich mit dem Sauerstoff 3 zu dem Wasser 2' u. s. w., bis endlich der Wasserstoff 4 am Kupfer sich abscheidet. Ist dieses geschehen, so löst sich das Zinkoxyd in der Schwefelsäure auf, das zerlegte Wassertheilchen wird durch ein neues ersetzt, da der ganze Vorgang im Innern einer größeren Masse von Flüssigkeit von Statten geht, die Wassertheilchen stellen sich wieder so, daß der Sauerstoff dem Zinke zunächst ist und die ganze Erscheinung wiederholt sich, solange noch Zink vorhanden ist, oder das durch Vereinigung von Zinkoxyd und Schwefelsäure gebildete Zinksalz in dem Wasser sich auflöst. Diesem Vorgange in der Flüssigkeit entspricht ein anderer Vorgang im Drahte, denn dort geht, solange die Wasserzerlegung dauert, beständig positive Elektrici-

tät von dem Kupfer zum Zinke, negative Elektricität geht den entgegengesetzten Weg.

Die Stärke der Wirkung, die wir auf diese Weise erhalten, wird um so größer sein, je größer die Differenz in der Spannung der beiden Metalle ist, sie ist daher größer, wenn man Zink und Platin, als wenn man Zink und Kupfer oder Kupfer und Platin zusammennimmt. Mit der chemischen Zersetzung hört die Bewegung der Elektricitäten, der *elektrische Strom* auf.

Hat man nun je ein Stück der beiden Metalle verwendet, so bildet der Gesammtapparat ein *Element*; die Wirkung kann wegen Vergrößerung der Spannung wachsen, wenn man mehrere Elemente mit einander verbindet, indem man den Draht des Elementes A von dem Kupfer auf das Zink des Elementes B gehen läßt u. s. w. und endlich des letzte Kupfer mit dem ersten Zink verbindet. Diese Combination von mehreren Elementen gibt eine *Kette*, die *geschlossen* ist, wenn keine Unterbrechung des Stromes stattfindet, wenn die Verbindungen vermittelst der Drähte D in gehöriger Weise eingerichtet sind; ist dieses nicht der Fall, so ist die Kette *geöffnet*. Da der negative Strom jederzeit dem positiven entgegengesetzt ist, will ich fortan unter *Stromrichtung* nur die des positiven bezeichnen, seine Richtung ist in Fig. 31 durch den Pfeil angegeben.

Die Reihe von Elektricitätsquellen, die für unsere Zwecke von Interesse sind, ist mit der Berührung heterogener Stoffe noch nicht erschöpft; auch ungleiche Erwärmung, sei es desselben Körpers oder noch besser verschiedener Stoffe, ist im Stande elektrische Ströme hervorzurufen.

Wenn man einen Draht, der in sich selbst zurückläuft wie in Fig. 32 an einer Strecke spiralförmig windet und dann in a mit einer Lampe erhitzt, geht in der Richtung des Pfeiles ein (wenn auch schwacher) Strom durch denselben. Dieser Strom wird bedeutend verstärkt, wenn man 2 verschiedene Metalle zusammenlöthet und die eine Löthstelle erwärmt. Noch größeren Effect erhält man durch Zusammenlöthen mehrerer Paare der Elemente zu einer Kette, deren beide Enden (Pole) durch einen Draht zusammenhängen, bei

Fig. 32.

gleichzeitigem Erwärmen aller auf einer Seite befindlichen Löthstellen. Die Richtung des Stromes ist verschieden, je nachdem die Metalle gewählt wurden; auch hier gibt es eine Spannungsreihe. Eine solche Reihe ist:

Antimon,
Eisen,
Zink,
Gold,
Kupfer,
Blei,
Zinn,
Platin,
Wismuth.

Was immer für 2 dieser Metalle man verbindet, so geht bei der Erwärmung jedesmal der Strom von dem in der Reihe untern zu dem obern Metalle. Je weiter die Metalle in der Reihe von einander entfernt sind, um so stärker ist der Strom, und dieser erreicht daher das Maximum seiner Intensität, wenn man Antimon und Wismuth zusammennimmt.

Fünfzehnter Brief.

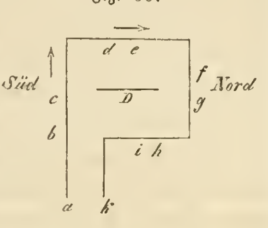
Zusammenhang zwischen Elektricität und Magnetismus.

Die Erscheinungen der Elektricität und des Magnetismus standen längere Zeit von einander getrennt, wenigstens kannte man ihren Zusammenhang nicht. Man hatte zwar schon in den letzten Jahrhunderten gefunden, daß die Compaßnadeln auf Schiffen, welche vom Blitze getroffen worden waren, ihre Eigenschaft verloren, den Weg des Fahrzeugs zu bezeichnen, und mehrere Physiker, unter denen Franklin, Beccaria, Wilson und Cavallo zu nennen sind, hatten versucht solche Erscheinungen mit Hülfe des elektrischen Funken zu Stande zu bringen. In der That war es ihnen auch gelungen, den mag-

netischen Zustand sehr kleiner Nadeln zu verändern, indem sie den Funken in der Nähe der Nadel überschlagen, oder indem sie den Entladungsschlag durch die Nadel selbst gehen ließen; aber alle diese Versuche gaben keine regelmäßigen Resultate und man begnügte sich mit der Annahme, der elektrische Schlag wirke auf die Magnetnadel ungefähr so wie der Schlag eines Hammers.

Erst im Jahre 1820 beobachtete Professor Oersted in Kopenhagen eine zuverlässige Wirkung. Es stelle Fig. 33 die Form des Schließungsdrahtes eines Elementes oder einer Kette vor, der in der Ebene des magnetischen Meridians so steht, daß das horizontale Stück de genau über ih ist. Geht der elektrische Strom in der Richtung des Pfeiles durch diesen Draht, und bringt man in die Nähe desselben eine leicht bewegliche Magnetnadel, so wird diese so lange von ihrer ursprünglichen Richtung abgelenkt, als der Strom durch den Draht geht, obwohl man an diesem, wenn der Strom nicht sehr stark ist, sonst keine bedeutende Aenderung gewahrt. Die Lage, welche die abgelenkte Magnetnadel einnimmt, ist sehr verschieden, je nachdem sie an irgend einer Stelle aufgehängt wird, doch zeigt sich, daß die Ablenkung bei gleicher Lage der Nadel jedesmal die entgegengesetzte wird, wenn man die Richtung des Stromes umkehrt, wenn man nämlich statt vorher a mit dem Kupfer und k mit dem Zinke, k mit dem ersteren, a mit letzterem Metalle verbindet.

Fig. 33.



In den ersten Zeiten fand man große Schwierigkeit darin, die Beziehungen zwischen der Richtung des Stromes und der Richtung der Ablenkung mit wenig Worten auszudrücken, bis endlich Ampère die Lösung des Räthsels fand. Denken Sie sich eine kleine menschliche Figur in den Draht so eingeschaltet, daß der Strom bei den Füßen ein-, bei dem Kopfe austritt; wenn nun diese Figur ihr Gesicht der Nadel zukehrt, so ist das Nordende der Nadel immer nach der linken Seite abgelenkt. Geht der Strom in der Richtung des Pfeiles und ist die Magnetnadel oberhalb de, so ist der Kopf der Figur

bei e, die Füße sind bei d und weil sie die Nadel ansieht, muß sie auf dem Rücken liegen und darum wird, wenn de in der Südnordrichtung ist, das Nordende des Magnetes nach Osten gehen. Ist die Nadel unter de, so muß die Figur nach unten schauen und ihre linke Seite ist westlich. Auch wenn die Nadel über ih ist, wird ihr Nordende nach Westen gehen, denn die Figur liegt hier wieder auf dem Rücken, ihr Kopf ist nach Süden gerichtet. Ist die Nadel südlich von fg, so ist der Kopf der Figur unten, das Gesicht gegen Süden gekehrt und die linke Seite wieder westlich. Die gleiche Richtung der Nadel wird, wenn sie nördlich von bc ist, von dem südlichen Drahte bewirkt, also drehen alle 4 Seiten im gleichen Sinne, wenn die Nadel in der Mitte ist. Diese Drehung wird um so größer sein, je stärker der Strom ist und wird je nach der Richtung desselben in dem einen oder andern Sinne vor sich gehen; läßt man daher den letzteren um eine Nadel herumgehen, so hat man ein Instrument, die Stärke eines Stromes, sowie auch seine Richtung zu finden, das Galvanometer.

Nehmen Sie an, der Schließungsdraht der Kette sei mit Seide übersponnen und spiralförmig gewunden. Die Seide ist, wie Sie wissen, Nichtleiter der Elektricität, die Art des Aufwindens soll bezwecken, daß der Strom von der Spirale den eingeschlossenen Raum umkreisen, und daß so jede Windung des Drahtes auf einen in diesem Raume befindlichen Körper wirken muß, daß also die Wirkung viel stärker ausfällt. Berühren sich die einzelnen Drahtwindungen, so würde der Strom den nächsten Weg machen und nicht durch die Windungen gehen, was die Seide verhütet. Der Draht kann nun rechts oder links gewunden sein. Rechtsgewunden ist er, wenn die Windungen so laufen, wie bei dem Korkzieher oder der Schraube, linksgewunden ist er in dem entgegengesetzten Falle. Steckt man in diese Spirale ein Stück Stahl, etwa eine Stricknadel und läßt man den elektrischen Strom nur einen Augenblick durch die Spirale gehen, so ist die Stricknadel alsbald ein Magnet, der bei dem rechtsgewundenen Drahte sein Südende da hat, wo der Strom eintritt, bei dem linksgewundenen da, wo er austritt. Dreht die Spirale bald rechts bald links, so entstehen an den entsprechenden Stellen der Stricknadel Folgepunkte.

Ersetzt man die Stricknadel durch einen Kern von weichem Eisen, so wird auch dieses magnetisch, aber nur so lange als der Strom dasselbe umkreist; während es jedoch bei den Stahlmagneten eine Seltenheit ist, wenn einer eine Tragkraft von 20 Pfunden hat, kann man bei so magnetisirtem Eisen ein Tragvermögen von eben so vielen Centnern hervorbringen, und es ist leicht einzusehen, daß bei demselben Wirkungen zum Vorschein kommen müssen, welche die gewöhnlichen Stahlmagnete nicht hervorbringen können.

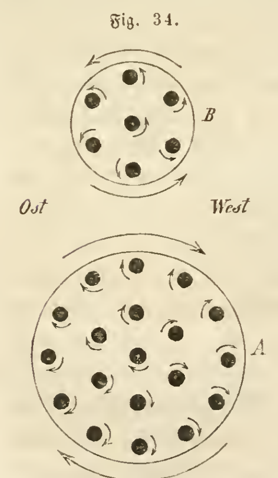
Solange man nur über Stahlmagnete verfügen konnte, glaubte man, es seien nur die 4 Metalle: Eisen, Nickel, Kobalt und Mangan von der Natur mit Magnetismus bedacht, denn zwischen die Pole eines Magnetes gebracht, nehmen nur sie allein eine bestimmte Richtung an, diejenige nämlich, daß ihre Längsaxe in die Verbindungslinie der beiden Magnetpole fällt; zwar hat Coulomb noch bei einigen andern Stoffen eine Anziehung bemerkt, doch wurde dieses nicht weiter beachtet. Als man aber in den Stand gesetzt war, mit den starken Elektromagneten Versuche anzustellen, zeigte sich, daß fast kein Körper existirt, der nicht dem Einflusse derselben unterworfen wäre, ja noch mehr, es fanden sich Stoffe, welche ganz den Gegensatz zu dem Verhalten des Eisens bieten, und zwischen den Polen eines hufeisenförmigen Elektromagnetes sich nicht axial, sondern äquatorial stellen, d. h. sich nicht so drehen, daß sich ihre Längsaxe in die Verbindungslinie der beiden Pole stellt, sondern daß sie senkrecht darauf steht. Man nennt diese Körper diamagnetisch im Gegensatze zu den paramagnetischen, die sich dem Eisen analog verhalten. Paramagnetisch sind Eisen, Nickel, Kobalt, Platin, einige Sorten Papier und Siegellack, Graphit, Holzkohlen, Sauerstoff u. s. w., diamagnetisch sind Wismuth, Antimon, Zink, Zinn, Quecksilber, Silber, Kupfer, Gold, Wasser, Schwefel, Holz, Blut, Aepfel, Brod, mit Ausnahme des Sauerstoffes sämmtliche Gase und Dämpfe, die Kerzenflamme u. s. f.

Der Diamagnetismus und Paramagnetismus spielen in der Welt der Molecularerscheinungen sicherlich eine große Rolle, weshalb auch Herr v. Humboldt in seinem Kosmos wiederholt darauf hingewiesen hat; doch ist die ganze Erscheinung noch

zu neu (sie ist nur wenige Jahre alt), als daß sich jetzt schon das ganze hiedurch eröffnete Feld überblicken ließe, weshalb ich mich darauf beschränken muß, Ihnen nur die Fundamentalerscheinungen, die man bisher gefunden hat, anzugeben, obwohl, so jung der Gegenstand auch ist, wir darüber schon eine ziemlich ansehnliche Literatur besitzen.

Hängt man eine Drahtspirale so auf, daß sie sich sehr leicht um den Mittelpunkt der Axe bewegen kann, und läßt dann einen Strom durch dieselbe gehen, so wird sie sich so lange drehen, bis sie der Magnetnadel parallel steht, wobei zugleich der positive Strom an dem untern Theile der Spirale von Ost nach West geht. Hält man den Enden der Spirale abwechselnd den einen oder den andern Pol eines Magnetes entgegen, so wird sie entweder angezogen oder abgestoßen, sie verhält sich daher in gewisser Beziehung wie ein Magnet. Hat man 2 Spiralen über einander, von denen die untere fest, die obere beweglich ist, so wird letztere – vorausgesetzt, daß die Wirkung der ersteren stark genug ist — sich so stellen, daß der Strom, der in der obern Seite der untern Rolle von Ost nach West geht, in der untern Seite der obern Rolle dieselbe, also oben die entgegengesetzte Richtung besitzt. Nennen wir die beiden Enden der Rollen Pole, so stehen in der Gleichgewichtslage die entgegengesetzten Pole über einander, wie dieses auch bei Magnetnadeln der Fall ist, von denen die eine sich bewegen kann, die andere nicht. Ebenso läßt sich auch die Inclination der Nadel an dem Drahte zeigen.

Fig. 34.



Es liegt nun nahe, sich die Gesammterscheinungen des Magnetismus aus Strömen zu erklären, die um die einzelnen Moleküle eines Magnetes herumgehen und deren Gesammtwirkung der eines einzigen größeren den ganzen Stab umkreisenden Stromes gleich kommt, wie nebenstehende Fig. 34 als Querschnitt eines Magnetes Ihnen versinnlichen möge. Zwei Magnete über einander werden sich wie A und B

darstellen lassen, und ist der untere die Erde, so folgt, daß das mit Nordmagnetismus versehene Ende des beweglichen Stabes gegen Süden sehen muß, weil die Richtungen der Ströme in A und B verschieden laufen, denn in A geht der Strom oben von Ost nach West, in B unten, und daß die Erde von einem elektromagnetischen Strome umkreist wird, der von Ost nach West, also mit der Sonne geht. Mit der Sonne geht auch die Wärme, denn allemal ist die ihr entgegengesetzte Erdhälfte die wärmere, und es weist dieses darauf, den Strom als einen thermoelektrischen zu betrachten, doch ist man noch weit davon entfernt, die näheren Verhältnisse dieser Strömungen zur Genüge angeben und nachweisen zu können. Wir haben hier nur Winke, welche die Natur uns zukommen läßt, das ganze Gewirre von Erscheinungen aufzulösen, ist die heutige Naturwissenschaft durchaus nicht im Stande.

Wie man durch Vermittlung elektrischer Ströme Magnetismus hervorrufen kann, so läßt sich letzterer auch in Elektricität umsetzen, wovon man sich sehr leicht überzeugen kann, wenn man übersponnenen Draht um ein Eisenstück wickelt und seine beiden Enden mit den Enden eines Galvanometerdrahtes verbindet. Für sich wird der Draht, der ja mit keiner Kette in Verbindung steht, keinen Strom zeigen, und daher auch die Galvanometernadel nicht ablenken: er thut es aber, wenn man das Eisenstück als Anker an einen Magnet anlegt oder von diesem abreißt, was die jeweilige Existenz eines Stromes beweist. Die so hervorgerufenen Ströme sind gewissermaßen in den Draht hineingeführt, inducirt und heißen daher Inductionsströme.

Die Beziehungen zwischen der um einen Magnet herumgehenden Strömung und einem in der Nähe in einem Drahte vorbeigeführten elektrischen Strome sind mannichfacher Art, doch will ich nur anführen, daß es gelingt, daß ein leichtbeweglicher Draht, in dem ein elektrischer Strom geht, um einen Magnet rotirt, oder daß ein beweglicher Magnet um einen festen stromführenden Draht herumgeht u. s. w., wie dieses der Annahme entspricht, nach welcher die Wirkung des Magnetes von ihn umkreisenden Strömen herrührt. Eine Magnetnadel, die über einer Kupferscheibe hängt, bringt in dieser eine Wirkung hervor,

in Folge deren sie von einer bestimmten Stelle der Scheibe angezogen wird; oscillirt die Nadel, so wechselt die Stelle, aber durch diese Wirkung wird die Nadel in ihrer Bewegung gehemmt, und kommt früher zur Ruhe, als es sonst geschehen sein würde. Andererseits kann die ruhende Nadel durch die Gegenwirkung zum Rotiren gebracht werden, wenn die Scheibe sich dreht (Rotationsmagnetismus).

Sie sehen aus diesen einzelnen Daten, die nur einen ganz kleinen Theil dessen bilden, was man über den Zusammenhang von Elektricität und Magnetismus weiß, daß eine solche Menge von Berührungspunkten beider Kapitel vorhanden ist, daß man fast behaupten kann, es gebe keine einzige elektrische Erscheinung bei der nicht Magnetismus, keine magnetische bei der nicht Elektricität auftrete. Andererseits ist der Zusammenhang zwischen Elektricität und Wärme, Elektricität und chemischer Wirkung kein minder inniger. Trotz alledem weiß man nicht, was Elektricität, was Magnetismus sei, und so lange diese Hauptsache fehlt, wird das Ganze nur ein Stückwerk bleiben. Darum ist auch, wie ich Ihnen in der Folge zeigen werde, unsre Kenntniß des Wesens des Erdmagnetismus noch so weit zurück, denn denken Sie, wie viele Einflüsse auf der ganzen Erde vorhanden sind, und welche Verschiedenheit sie von Land zu Land, von Meer zu Meer bieten, daß wir aber hier mit einem Gesammtresultat aller dieser Thätigkeiten zu schaffen haben, und Sie können sich eine Vorstellung von der außerordentlichen Schwierigkeit, die hier bekämpft werden soll, machen. Wohl kein Gebiet der ganzen anorganischen Natur bietet eine solche Complication der Wirkungen.

Sechzehnter Brief.

Die Intensität des Erdmagnetismus.

Das einfachste Mittel, die Stärke eines Magnetstabes zu prüfen, ist, ein Gewicht an das am Magnete haftende Eisen zu hängen. Je stärker letzteres haftet, um so größer muß das

Gewicht sein, das im Stande ist, es abzureißen, um so kräftiger ist der Magnet. Diese leichte Methode ist unausführbar, wenn es sich um die Ermittelung der Erdmagnetismusintensität handelt, weil die ganze Erscheinung, auf der sie beruht, das Hängenbleiben eines Eisenstückes, nicht vorhanden ist. Nähert man dem Pole eines Magnetes ein Stück Eisen bis auf einige Linien, so wirkt ersterer vertheilend auf die Fluida des letzteren, und in diesem entsteht an dem dem Magnete gegenüberstehenden Ende ein diesem freundlicher, am abgewandten Ende ein feindlicher Pol. Der erstere dieser beiden wird angezogen, der letztere abgestoßen, die Gesammtwirkung auf das ganze Eisen kommt der Differenz der beiden Separatwirkungen gleich, und die Differenz wird immer größer, je näher Eisen und Magnet sich sind, ja sie kann so stark werden, daß sie größer ist als das Gewicht des Eisens, weshalb dieses am Magnete hängen bleibt. Das Eisenstück sei einen Zoll von dem Magnetpole entfernt und selbst eine Linie lang. In diesem Falle wird das dem Magnete gegenüberstehende Eisenende von der Entfernung 11 ½ Linien aus angezogen, das abstehende von der Entfernung 12½ Linien aus abgestoßen. Die erstere Distanz ist kleiner als die letztere und mithin die ihr entsprechende Wirkung größer, also wird das Eisen angezogen. Auf der Erde sind wir immer weit von den Polen entfernt, weil der Planet sehr groß ist, und auch der magnetische Anziehungsmittelpunkt nicht auf der Oberfläche liegt. Es sei nun die Anziehung der Erde auf eine 100 Meilen vom Pole entfernte einen Zoll lange Magnetnadel zu suchen. Das eine Ende der Nadel wird von der Entfernung 100 Meilen weniger ½ Zoll angezogen, das andere aus der Entfernung 100 Meilen mehr ½ Zoll abgestoßen. Ein halber Zoll zu 100 Meilen addirt oder davon abgezogen bringt eine so geringe Verschiedenheit hervor, daß man diese ganz vernachlässigen kann, und das eine Ende der Nadel wird daher ebenso stark abgestoßen als das andere angezogen wird, weshalb beide Wirkungen sich aufheben. Anders wird die Sache, wenn man eine Magnetnadel auf eine Spitze auflegt und dafür sorgt, daß sie sich frei drehen kann. Es wird der eine Pol der Nadel von dem Erdpole abgestoßen, der andere angezogen, und die Nadel erhält so eine bestimmte Richtung, in der sie um so beharrlicher zu

bleiben strebt, je größer die Wirkung des Erdmagnetismus ist. Hier heben sich die Wirkungen, die auf die beiden Pole ausgeübt werden, nicht auf, sondern sie summiren sich und der Erdmagnetismus läßt sich daher nicht aus der Größe der Anziehung auf Eisen, sondern aus der Richtkraft bestimmen, welche die Nadel an einzelnen Punkten der Erde hat.

Betrachten Sie die zwei in der Nadel befindlichen Magnetismen gesondert und nehmen Sie die beiden Nadelpole als ihre Repräsentanten, so wird das Nordende der Nadel gegen Nord gerichtet sein, und wenn Sie es aus seiner Ruhelage bringen, dahin zurückzukehren suchen. Hier muß genau dasselbe eintreten, wie bei einem Pendel, dessen Linse der Nordpol ist, der von dem Erdpole angezogen wird, und das Resultat wird eine Oscillation um die Ruhelage sein. Setzen wir, es gäbe einen Körper, der von der Erde abgestoßen wird, und dieser sei vermittelst eines Fadens an einem festen Punkte befestigt. Der Körper wird als Ruhelage diejenige haben, wo er von dem Mittelpunkte der Erde am weitesten entfernt, also der der Pendellinse gerade entgegengesetzt ist. Bringt man ihn aus dieser Stellung, so wird er ebenfalls schwingen, aber entgegengesetzt zu den Pendelschwingungen wird er immer oberhalb des Aufhängepunktes sein, und wenn an diesem außerdem noch ein Pendel befestigt wäre, würden wir so eine Art Doppelpendel bekommen, dessen beide Linsen sich um die Ruhelage hin und her bewegen. In demselben Falle befindet sich die Magnetnadel, welche daher ein oscillirendes Doppelpendel ist, dessen eines Ende von dem nächsten Erdpole angezogen, dessen anderes abgestoßen wird, während der andere Erdpol, der in der entgegengesetzten Richtung liegt, auch die entgegengesetzte Wirkung ausübt. Aus der Geschwindigkeit, mit der ein Pendel schwingt, läßt sich, wie ich Ihnen bereits gezeigt habe, die Größe der Schwerewirkung auf der Erde finden, und genau so aus der Geschwindigkeit, mit der die Magnetnadel ihre Oscillationen ausführt, die Intensität des Erdmagnetismus.

Hängen Sie eine unmagnetische Nadel an einen Coconfaden, der selbst an einem drehbaren Knopfe befestigt ist, so wird sie irgend eine Stellung einnehmen, welche sich ändert, wenn

der Knopf und mit ihm der Faden gedreht wird, denn sonst müßte der letztere eine Windung erleiden, wie sie z. B. bei dem Spinnen entsteht. Ist dagegen die Nadel magnetisch, so stellt sie sich in der Richtung des magnetischen Meridians ein, und drehen Sie nun oben den Knopf, so windet, wenn Sie die Nadel festhalten, der Faden sich um sich selbst; bleibt aber die Nadel frei, so sucht der Faden, um sich nicht aufzuwinden, die Nadel mit sich herumzuführen, während diese in ihrer Lage bleiben möchte. Das Endresultat wird sein, daß die Nadel etwas aus dem magnetischen Meridian tritt, und ein Theil der Drehung (Torsion) des Fadens noch vorhanden bleibt. Je größer die Intensität des Erdmagnetismus, also die Kraft ist, vermöge welcher die Nadel im magnetischen Meridian zu bleiben strebt, um so mehr muß der Coconfaden sich drehen, um eine gleiche Ablenkung von einer gewissen Anzahl von Graden hervorzubringen. Hätten Sie z. B. das eine Mal beobachtet, daß Sie den Knopf, an dem der Faden hängt, einmal um sich selbst drehen müssen, um eine Ablenkung der Nadel von 10 Graden hervorzubringen, so müßte der Magnetismus der Erde offenbar stärker sein, wenn ein anderes Mal eine größere Drehung des Knopfes zu gleicher Nadelablenkung nöthig wäre. Coulomb hat die Torsion benutzt, um die Gesetze der Aenderung der Anziehung oder Abstoßung, welche die Magnetpole in verschiedenen Entfernungen auf einander ausüben, nachzuweisen. Das Instrument, welches die Größe einer Wirkung durch Drehung eines Fadens angibt, ist die Dreh- oder Torsionswage.

Sehen Sie von dem Winkel, den der magnetische Meridian mit dem astronomischen macht, ab, so stellt sich eine frei bewegliche Nadel in der Richtung von Süd nach Nord. Könnten Sie den Erdmagnetismus wegnehmen und an seiner Stelle in der Nähe der Nadel einen Magnetstab so hinlegen, daß sein südpolares (Nord-) Ende nach West, sein Südende nach Ost gerichtet wäre, so müßte die Nadel sich mit dem Stabe parallel stellen und ihr Nordende nach Ost, das Südende nach West sehen. Wäre also der Magnetstab nicht da, so hätte die Nadel die Südnordrichtung, wäre der Erdmagnetismus nicht da, so stände sie von West nach Ost; wenn aber beide wirken, so muß sie, da sie nicht beide Richtungen zu gleicher Zeit haben kann,

eine Zwischenstellung einnehmen, die sich nach der Intensität der beiden Kräfte regelt, und hieraus ergibt sich ein drittes Mittel, die Intensität des Erdmagnetismus zu finden, denn je bedeutender dieser ist, um so mehr wird unter sonst gleichen Umständen in der Stellung der Nadel die Südnordrichtung vertreten sein. Kehren Sie den Magnetstab um, so daß sein Nordende statt nach West nach Ost schaut, so wird auch die Nadel ihre Südost-Nordwest-Richtung in eine südwest-nordöstliche umändern.

Bei diesen 3 Methoden sind noch die Zustände der Nadel selbst ins Auge zu fassen. Wie 2 verschieden lange Pendel nicht gleich schnell schwingen, wenn sie dem Einflusse der gleichen Schwerewirkung ausgesetzt sind, so thun es auch 2 Magnetnadeln von zwar gleicher Form, aber ungleicher Länge nicht, denn der am Ende der Nadel befindliche Stahl muß bei dem Schwingen größere Bewegungen machen, dazu gehört aber eine größere Kraft, und wenn diese fehlt, so geht die größere Nadel langsamer. Es wird auch nicht gleichgültig sein, welche Gestalt die Nadel hat, denn ist sie an den beiden Enden zugespitzt, ist sie rhombisch geformt, so befindet sich die große Mehrzahl der Stahltheilchen in der Nähe des Aufhängepunktes und macht daher nur eine geringe Bewegung, aber dieses wird alsbald anders sein, wenn die Nadel so gestaltet ist, daß ein großer Theil ihrer Masse von dem Stützpunkte fern liegt, wenn sie z. B. die Form eines cylindrischen oder prismatischen Stabes hat. Darum ist es nothwendig zu wissen, welche Kraft überhaupt nothwendig ist, um eine geforderte Oscillationsgeschwindigkeit hervorzubringen, es muß das sogenannte Trägheitsmoment der Nadel bekannt sein. Diese Bestimmung ist unerläßlich, bietet aber keine große Schwierigkeit.

Die Stärke des Magnetismus der Nadel darf durchaus nicht übersehen werden, denn wäre letztere gar nicht magnetisch, etwa von Messing, so würde der Erdmagnetismus auch keine Schwingung, kein Bestreben sich im Meridian einzustellen, hervorbringen und der Magnetstab würde keine Ablenkung veranlassen. Alles dieses ändert sich mit der Stärke des Magnetismus der Nadel, und mehrere gleich große, aber verschieden magnetisirte Nadeln würden verschiedene Größen der Intensität des

Erdmagnetismus geben. Mit Hülfe einer zweiten Nadel läßt sich der Magnetismus der ersten finden, indem erstere dem ablenkenden Einflusse der letzteren ausgesetzt wird. Die zweite Nadel befindet sich zu gleicher Zeit unter dem Einflusse des Erdmagnetismus und des Versuchsmagneten und ihre Ablenkung läßt das Verhältniß beider Wirkungen zu einander erkennen. Zu ganz genauen Beobachtungen gehören noch allerlei Correctionen, wie z. B. die Bestimmung des Einflusses der Temperaturänderungen, da erhöhte Wärme die Nadel vergrößert und ihren Magnetismus schwächt, doch will ich eine nähere Erörterung derselben unterlassen.

Solange es sich nur darum handelt, zu bestimmen, ob der Erdmagnetismus da oder dort stärker oder schwächer sei, und solange nur ein einziger Beobachter Untersuchungen anstellt, mögen die vorstehenden Messungen genügen; wenn aber verschiedene Bestimmungen unter sich in Zusammenhang zu bringen sind, wird es wie bei allen Messungen nöthig sein, sich über den Maaßstab, der zu Grunde gelegt werden soll, zu verständigen, denn ein einzelner Beobachter könnte allenfalls als Einheit des Magnetismus diejenige Stärke setzen, die seine Nadel etwa in 10 Secunden einmal schwingen läßt, allein damit ist nichts erzielt, weil Andere wissen müssen, in welchem Zustande sich seine Nadeln befinden. Es geht daher hier gerade so wie mit dem Längen- und jedem andern Maaße.

Bei der Untersuchung eines regelmäßigen Magnetstabes zeigt sich, daß die Kraft, mit der er eine über ihm aufgehängte Magnetnadel zu richten strebt, in seiner Mitte am geringsten ist, und von der Analogie zwischen der Erde und einem großen Magnete ausgehend war im Anfange dieses Jahrhunderts die Ansicht herrschend, daß in der Gegend des astronomischen Aequators der Erde, der Mitte zwischen ihren Polen, auch die Intensität des Erdmagnetismus ein Minimum sein müsse. Als Herr v. Humboldt seine Forschungsreise im tropischen Amerika machte, drängte sich ihm die Nothwendigkeit, ein Maaß für den Erdmagnetismus als Einheit festzusetzen, auf, und er setzte daher diejenige Kraft als 1, welche er im äquatorialen Theile von Peru fand, weil er sie für die kleinste Kraftäußerung des Magnetismus auf der ganzen Erdoberfläche hielt. Vor ihm hatte man

die Größe der magnetischen Kraft wenig berücksichtigt und er hat so die einschlägigen Untersuchungen in's Leben gerufen. Weil damals keine weiteren Beobachtungen vorhanden waren, konnte auch eine bessere Einheit nicht wohl gewählt werden, denn wo immer etwas gemessen wird, nimmt man als Ausgangspunkt, wenn es sein kann, stets eine der Grenzen, und alle Magnetismusmessungen hätten demnach alsbald angegeben, um wieviel die magnetische Kraft an einem Beobachtungsorte größer sei als an demjenigen, wo sie am kleinsten ist. Spätere Untersuchungen haben gezeigt, daß die Intensität des Erdmagnetismus in Peru wohl sehr klein ist, daß es aber dennoch auf der Erde Punkte gibt, die noch hinter Peru zurückbleiben, und die v. Humboldt'sche Einheit ist daher eine rein willkürliche. Die Intensität des Erdmagnetismus ändert sich an einem und demselben Orte im Laufe der Zeit, und man findet daher in Peru an den Stellen, wo früher die Einheit war, dieselbe nicht mehr; es ist mithin eigentlich der Normalmaaßstab verloren gegangen.

Eine andere Einheit hat Gauß eingeführt. Die Messungen nach der Humboldt'schen Einheit beziehen sich auf die von ihm an einem Orte gefundenen, sind daher relative. Da man das Normalmaaß nicht mehr bekommen kann, geht man jetzt gewöhnlich von London aus, dessen Intensität 1,372 gefunden wurde, wenn Peru = 1 gesetzt wird. Die Scala: London = 1,372 ist also dieselbe wie Peru = 1,0.

Man ist gewohnt die Kräfte, welche in der Natur vorkommen, d. i. die Ursachen der Bewegung der materiellen Stoffe, nach der von ihnen ausgehenden Wirkung zu schätzen, und eine Kraft für um so größer zu erachten, je mehr Masse durch sie in einer gegebenen Zeit eine bestimmte Geschwindigkeit bekommen hat. Gesetzt nun, es sei eine Masse von 1 Milligramm Gewicht gegeben und es ziehe während der Dauer einer Secunde ohne Unterbrechung eine Kraft daran, so wird im ersten Momente die Geschwindigkeit eine ganz geringe sein, im zweiten addirt sich dazu der neue Zug der Kraft, die Geschwindigkeit wird daher die doppelte u. s. w. Am Ende der Secunde wird der gezogene Körper eine gewisse Bewegung besitzen und einen entsprechenden Raum zurückgelegt haben. Dieser Weg ist

gerade so groß, als hätte sich der Körper die ganze Secunde hindurch mit der halben Endgeschwindigkeit bewegt, denn um was er in dem ersten Theile der Secunde langsamer war, lief er im zweiten schneller. Ein der Schwere unterworfener freifallender Körper legt am Aequator in der ersten Secunde seines Falles 15 Fuß zurück, hat also am Ende der Secunde eine Geschwindigkeit von 30 Fuß (genauer 9779 Millimeter), und eine Kraft, die eine größere oder geringere Geschwindigkeit hervorruft, wird daher größer oder kleiner sein als die Schwere. Als magnetische Einheit gilt nach Gauß diejenige Kraft, welche einem Körper von 1 Milligramm Gewicht in einer Secunde eine Geschwindigkeit von einem Millimeter beibringt, ihn also ein halbes Millimeter weit bewegen würde. Da die Schwere demselben Körper am Aequator eine Geschwindigkeit von 9779 Millimetern gibt, ist die magnetische Krafteinheit der 9779te Theil der Schwere. Die durch die Schwere hervorgerufene Geschwindigkeit eines Körpers läßt sich aus den Schwingungen des Pendels berechnen und ebenso die Stärke des Magnetismus aus den Oscillationen der Magnetnadel. Auf analoge Weise lassen sich auch die beiden andern oben angeführten Methoden der Intensitätsbestimmung benutzen. Nimmt man zur Berechnung des Trägheitsmomentes und der bewegenden Kraft statt des Milligramms ein anderes Gewicht, statt des Millimeters ein anderes Längenmaaß, so entsteht eine andere Einheit des Maaßes der magnetischen Kraft. In England nimmt man statt des in Deutschland benutzten Milligramms ein Grain, statt der Längeneinheit von 1 Millimeter eine solche von 1 Zoll. Diese englische Einheit ist es, welche Sie im Kosmos bei den Intensitätsangaben nach absolutem Maaße vertreten finden. Sie erhalten die Angaben nach absolutem Maaße, wenn Sie die nach relativem mit $\frac{7,57}{1000}$ multipliciren; gewöhnlich wird aber, um den Decimalbruch zu vermeiden, einfach mit 7,57 multiplicirt, wie dieses auch im Kosmos geschehen ist.

Theils der Umstand, daß in den verschiedenen Ländern das absolute Maaß wechselt, theils auch das Herkommen sind Ursache, daß man sich in der Regel des relativen Maaßes bedient.

Die Intensität, welche die Beobachtung einer horizontal

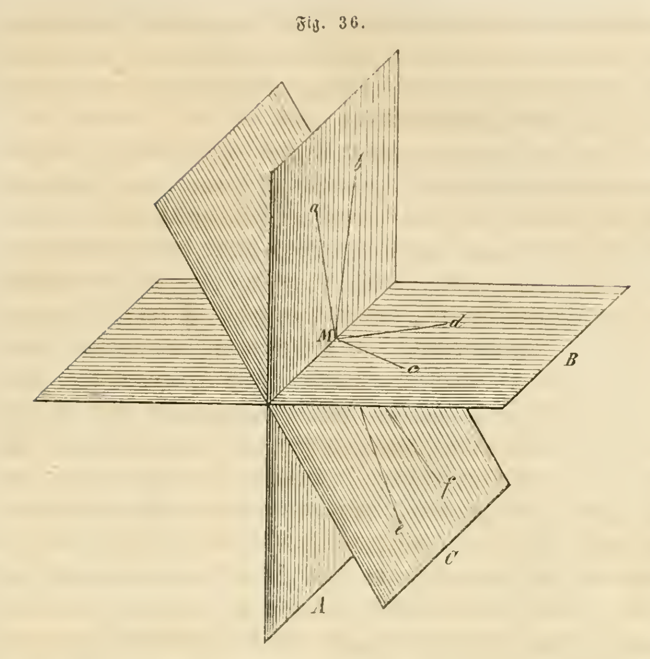
beweglichen Magnetnadel gibt, ist an den meisten Punkten der Erde nicht die vollständige Wirkung des Erdmagnetismus; sie ist nur ein Theil davon —, denn wenn eine Magnetnadel sich frei nach allen Richtungen einstellen kann, so bleibt sie, wie ich bereits erwähnte, nicht horizontal, sondern neigt sich an den meisten Punkten der Erde gegen den Horizont, und nach dieser Richtung, nicht horizontal, wirkt der Magnetismus.

Zieht an irgend einem in a (Fig. 35) befindlichen Körper eine Kraft in der Richtung ab, so wird derselbe nach Verlauf einer gewissen Zeit nach b kommen. Wirkt hierauf eine zweite Kraft, welche sich zur ersten verhält wie ac zu ab, in der Richtung bd, so gelangt er nach eben so langer Zeit nach d. Ziehen beide Kräfte gleichzeitig, so beschreibt der Körper die Linie ad. Dasselbe wäre der Fall, wenn eine Kraft von der Größe, daß sie sich zur ersten verhält wie ad zu ac, direct in der Richtung ad ziehen würde, und die Kraft ad wirkt daher ebenso, wie ab und ac zusammen, man kann sie daher durch diese 2 ersetzen, sie auch als aus ihnen zusammengesetzt denken. Gerade so geht es bei dem Magnetismus. Man kann den Einfluß desselben auf die gegen den Horizont geneigte Nadel — *Totalintensität* — ad (Fig. 35) als aus der horizontalwirkenden und darum *Horizontalintensität* genannten Kraft ab und aus der verticalwirkenden ac, der *Verticalintensität*, zusammengesetzt betrachten.

Fig. 35.

Schwingt Fig. 36 eine Nadel, deren Mittelpunkt sich in M befindet, von der also nur je die Hälfte zu sehen ist, in der Horizontalebene B zwischen c und d, so erhalten wir die Horizontalintensität, während die Ebenen C und A, in denen die Schwingungen zwischen e und f und zwischen a und b (in welch letzterem Falle die zweite Hälfte der Nadel sichtbar ist) stattfinden, die Total- beziehungsweise die Verticalintensität geben. Eine Eisenstange, die in der Richtung ad (Fig. 35) im magnetischen Meridian gehalten wird, muß unter dem Einflusse der Totalintensität einen bestimmten Magnetismus ad bekommen; wird sie horizontal gehalten, so ist ihr Magnetismus kleiner, ab entsprechend, und wenn sie vertical steht, bekommt sie die Stärke ac. Je mehr die frei bewegliche Nadel sich gegen

Fig. 36.



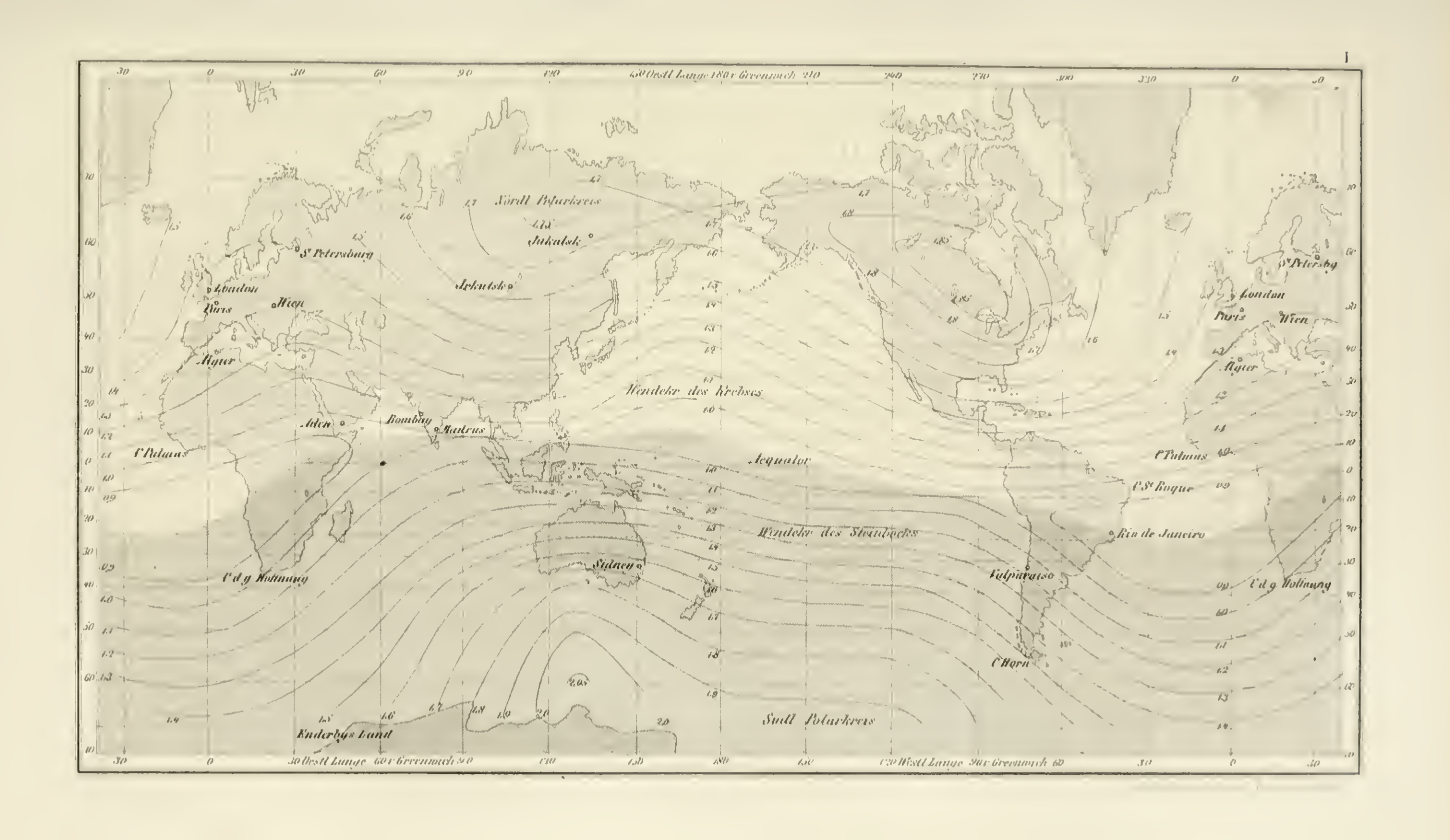
den Horizont neigt, um so größer wird die Verticalintensität im Vergleich zur Horizontalintensität und umgekehrt. Kennt man die eine der verschiedenen Intensitäten und den Neigungswinkel i (Fig. 35), so gibt die Rechnung leicht die beiden andern, und wenn die eine Intensität, etwa die horizontale und ihr Verhältniß zur verticalen gegeben sind, kann man die Totalintensität, sowie die Größe des Winkels i, die Neigung, bestimmen.

Die Intensität des Erdmagnetismus ist, wie die Beobachtungen ergeben, an den verschiedenen Orten der Erde sehr verschieden und man kann kein für alle Breiten passendes Gesetz dieser Aenderungen aufstellen. Um nun bei dem Mangel einer mathematischen Regel dennoch eine Uebersicht der Vertheilung zu gewinnen, hat man dem Verfahren analog, welches Halley bei der Darstellung der Declination beobachtete, diejenigen Punkte der Erde, welche gleiche Intensität des Magnetismus besitzen, durch Linien verbunden, welche isodynamische genannt werden. Sie sehen in Taf. I. eine solche Karte, eine

Copie der von Sabine für das Jahr 1840 nach der relativen Scala dargestellten. Dem in diesen Karten nach Halley's Vorgang eingeschlagenen Verfahren analog sind auch die thermischen Karten construirt worden.

Sie sehen auf dieser Karte denjenigen Theil der Erdoberfläche, auf welchem der Südmagnetismus vorherrschend ist, schattirt, der Hauptfocus der nördlichen Hemisphäre muß in der geschlossenen Isodyname von 1,85 liegen, die sich im nördlichen Amerika befindet, ein zweiter Pol, der aber die Stärke des ersten nicht erreicht, ist in Sibirien. Fast in demselben Meridian wie der sibirische Pol befindet sich der Hauptpol der Südhemisphäre, der jedoch an Stärke den Hauptpol der Nordhalbe übertrifft. Der zweite Südpol liegt etwas mehr westlich als der Hauptnordpol, nämlich etwa in 127° w. L. v. Gr. Die Curve, an welcher die Gebiete der beiden Magnetismen an einander stoßen, bezeichnet diejenigen Stellen, deren magnetische Intensität auf den jeweiligen Meridianen den kleinsten Werth besitzt. Diese Curve, der dynamische Aequator, ist keine Isodyname. Am schwächsten auf der ganzen Erde ist die magnetische Kraft in der Gegend der Insel St. Helena.

Die magnetischen Karten veralten der secularen Aenderungen wegen sehr bald, und es hat sich seit der Zusammenstellung der Sabine'schen, obwohl diese die neuesten sind, welche wir für die Gesammterde besitzen, schon Manches geändert. Ich kann mir daher nicht versagen, Ihnen in Fig. 37 eine Karte vorzulegen, die nur unser Vaterland umfaßt. Dieselbe ist nach der Lamont'schen Karte angefertigt. Lamont, dem die neueste Wissenschaft hinsichtlich der Kunde der magnetischen Verhältnisse unsrer Erde so viel verdankt, gibt in seiner Darstellung die Horizontal-Intensitätscurven Deutschlands in ihren Unterschieden von München. Das Maaß, nach welchem die Intensität bestimmt wurde, ist das in Deutschland übliche Gauß'sche absolute, das Sie erhalten, wenn Sie die Zahlen der Humboldt'schen Scala mit 3,4941 multipliciren, während umgekehrt der Uebergang von dem Gauß'schen Maaße in das Humboldt'sche durch Division mit derselben Zahl bewerkstelligt wird. Die Horizontalintensität zu München betrug am 1. Jan. 1858 in München nach Lamont 1,9712, also in der relativen


I
Nördl. Polarkreis
Jakutsk
Irkutsk
St. Petersburg
London
Paris
Wien
Algier
C. Palmas
Aden
Bombay
Madras
Wendekr. des Krebses
Aequator
Wendekr. des Steinbocks
Sidney
C. d. g. Hoffnung
Enderbys Land
Südl. Polarkreis
Valparaiso
C. Horn
Rio de Janeiro
C. St. Roque
St. Petersbg.
30 Östl. Länge 60 v. Greenwich 90
150 Östl. Länge 180 v. Greenwich 210
120 Westl. Länge 90 v. Greenwich 60



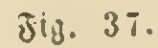
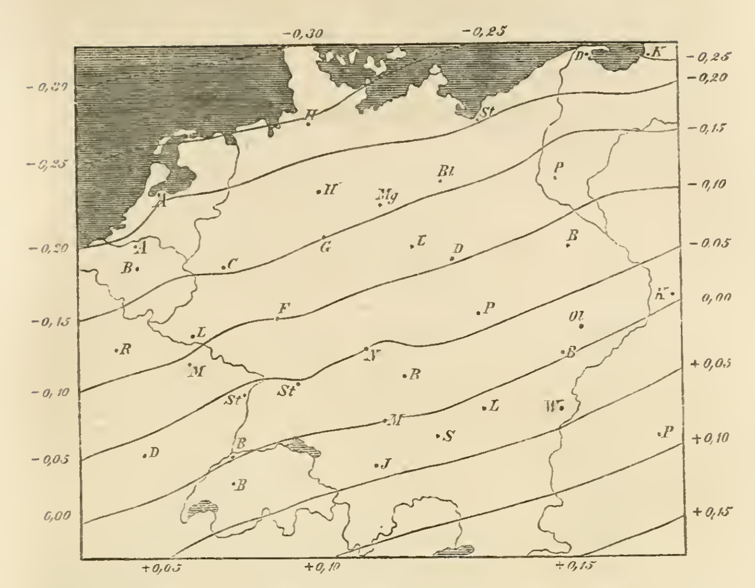


Fig. 37.



Scala 0,564. Die Horizontalintensität ist der Größe von ab der Fig. 35 entsprechend. Soll aus ihr die Totalintensität berechnet werden, so ist noch nothwendig, daß der Winkel i bekannt sei. Dieser Winkel war in München zur gleichen Zeit 64° 39,5 Minuten, und hieraus berechnet sich für die damalige Totalintensität der Werth 1,318. Sie werden diese Größe derjenigen entsprechend finden, welche sich aus der Sabine'schen Karte Tafel I. ergibt. Nordwestlich von München ist die Horizontalintensität geringer als in München selbst, weil in jener Gegend der Punkt ist, an dem die Nadel senkrecht steht, die Horizontalintensität also ganz verschwindet. Die Curven auf der Lamont'schen Karte verbinden diejenigen Punkte mit einander, deren Horizontalintensität sich von der Münchener um gleich viel unterscheidet. Die Größe der Differenzen finden Sie aus den am Rande befindlichen Zahlen in absolutem Maaße; eine Differenz von 0,05 in absolutem Maaße entspricht einer solchen von 0,0143 im relativen.

Die Karte ist das Ergebniß vieler Reisen, die Lamont eigens zu diesem Zwecke gemacht hat; außer ihr hat derselbe

Forscher vor 5 Jahren eine specielle Bearbeitung von Bayern, im vergangenen Jahre eine von Frankreich und Spanien veröffentlicht.

Siebzehnter Brief.

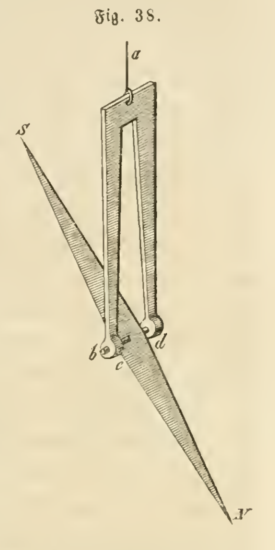
Die Inclination.

Analog dem Verhalten über einem Magnetstabe steht die Magnetnadel nur an verhältnißmäßig wenig Orten der Erdoberfläche horizontal, sondern thut dieses nur in den Punkten einer unregelmäßig gekrümmten Linie, die sich in der Nähe des astronomischen Aequators rings um die Erde herumzieht und den Namen magnetischer Aequator führt. Dieselbe Nadel, die im magnetischen Aequator horizontal steht, neigt nördlich von diesem ihr Nordende gegen die Erde. Der Winkel zwischen der Horizontallinie und der Richtung der Nadel, die Neigung oder Inclination derselben nimmt mit der Entfernung vom Aequator zu, und erreicht nach der Bestimmung von James Roß in 70° 5′ Br. und 99° 5′ w. L. von Paris, wo die Nadel senkrecht steht, ihr Maximum. Südlich vom magnetischen Aequator neigt sich das Südende der Nadel, ist daher die Inclination eine südliche, die man zum Unterschiede von der nördlichen auch mit dem Zeichen — kenntlich macht, und in 75° 5′ Br. 151° 48′ östl. L. von Paris steht sie nach demselben Seefahrer wieder senkrecht, doch ist diesesmal ihr Südende gegen die Erde gekehrt. Man nennt die beiden Punkte der senkrecht stehenden Nadel die magnetischen Pole der Erde; sie fallen nicht mit den Orten der größten Intensität zusammen. Die Inclination wurde um das Jahr 1830 von G. Hartmann, Vicar an der St. Sebalduskirche in Nürnberg, entdeckt, von demselben, der auch zuerst gefunden hat, daß bei dem Bestreichen eines Stahles mit einem Magnete ein Nordpol nicht wieder einen Nordpol hervorruft, sowie, daß gleichnamige Pole sich abstoßen, ungleichnamige sich anziehen.

Er hat jedoch die Inclination nur gefunden, nicht ihren Werth bestimmt, denn das Resultat seiner Beobachtung (9° statt einiger 70) kann nicht einmal annähernd genannt werden. Eine genauere Messung vollendete erst Robert Norman (1576).

Hartmann ließ eine auf einer horizontalen Axe befestigte Nadel in einem Apparate schwingen, dessen Zeichnung Sie in nebenstehender Fig. 38 sehen. Das ganze Instrument dreht den Faden a sehr leicht und die Nadel kann die Südnordrichtung annehmen. Ist dieses geschehen, so senkt sich das Nordende N, indem der Magnet sich um die Axe b dreht. Wird das Instrument noch mit einem Gradbogen versehen, an dem man die Neigung der Nadel ablesen kann, so ist das Inclinatorium fertig.

Fig. 38.



So einfach dieses Instrument erscheint, soviel läßt es zu wünschen übrig, wenn es sich um die Herstellung genauer Beobachtungen handelt. Ich habe Sie bereits darauf aufmerksam gemacht, daß die Horizontalnadel auf eine Spitze gestellt wird, wenn man keinen vollkommen ruhigen Punkt, an dem man den Magnet aufhängen kann, zur Disposition hat, daß aber die von solchen Instrumenten erzielten Resultate wegen der Reibung, welche durch die Bewegung auf der Spitze hervorgerufen wird, ungenau sind. Bei der Inclinationsnadel hat man die Bewegung der Axe auf beiden Widerlagern, also auf 2 Spitzen, und darum werden die Beobachtungen noch viel unzuverlässiger, wenn nicht die Spitzen auf's Sorgfältigste gearbeitet werden. Je feiner man aber diese macht, um so zerbrechlicher werden sie auch und dieses ist ein Umstand, der namentlich dann sehr zu berücksichtigen ist, wenn das Instrument auf Reisen benutzt werden soll. Ein weiterer Nachtheil ist der, daß es bei der sorgfältigsten Arbeit vollkommen unmöglich ist, die Drehungsaxe der Nadel genau durch deren Schwerpunkt zu führen. Ist der Schwerpunkt genau unter der Stelle, wo die Axe durchgeht, wenn die Nadel hori=

zontal steht, so gibt das Instrument die Inclination zu klein, im entgegengesetzten Falle zu groß. Dreht man die Nadel so um, daß c und d ihre Plätze wechseln, so ist der Fehler der entgegengesetzte, und man hat daher das Mittel beider Beobachtungen zu nehmen. Ist der Schwerpunkt auf der Nadel zwischen der Axe und N, so wird die Inclination zu groß, im entgegengesetzten Falle zu klein, und man muß die Nadel nach den ersten 2 Beobachtungen durch Bestreichen mit einem Magnete so ummagnetisiren, daß N und S ausgewechselt werden, und dann nochmals 2 Beobachtungen machen. Bei allen diesen Operationen hat man mit den äußerst empfindlichen Spitzen zu thun, weshalb der Gebrauch des Instrumentes ein sehr schwieriger wird, ohne daß darum die Beobachtungen Anspruch auf große Genauigkeit machen könnten.

Auf einem andern Principe beruht das Inclinatorium, das von Lloyd angegeben, von Lamont verbessert wurde und nicht nur die Neigung viel genauer angibt, sondern auch viel leichter zu handhaben ist, als das vorgenannte.

Der den Magnetismus ertheilende Einfluß der Erde auf ungehärtetes Eisen macht, daß jede Eisenstange, welche in der Richtung der Magnetnadel gehalten wird, selbst ein Magnet wird, wie Sie bereits aus meinen früheren Briefen wissen. Die Stärke des in der Stange erregten Magnetismus ist von deren Stellung abhängig; fällt letztere mit der Richtung der Inclinationsnadel zusammen, so wird der Magnetismus möglichst stark der Totalintensität am Beobachtungsorte entsprechend, steht die Stange vertical, so entspricht der Magnetismus in ihr der Verticalintensität, und der Horizontalintensität endlich, wenn das Eisen in der Richtung des magnetischen Meridians horizontal liegt, und ebenso stellt sich die horizontalschwingende Magnetnadel in den magnetischen Meridian mit einer Kraft, die der der Horizontalintensität proportional ist. Nähert man dem Nordende der Nadel das untere Ende eines verticalen Eisenstabes, so wird ersteres abgestoßen, weil der Stab unten den gleichnamigen Magnetismus hat, während ihr Südende angezogen wird. Das obere Ende des Stabes muß die entgegengesetzte Wirkung haben. Nähert man der Nadel auf der einen Seite das untere Ende eines verticalen Eisenstabes, auf der

andern das obere eines zweiten, so wird die Wirkung verdoppelt, denn der erste Stab drückt das Nordende der Nadel auf die Seite des andern Stabes, der selbst anziehend wirkt. Man kann senkrecht auf dem magnetischen Meridian eine Linie ziehen, die durch die Mitte der Nadel geht, und in dieser Linie seien links und rechts je in einer constanten Entfernung von der Nadel die beiden Stäbe so angebracht, daß das obere Ende des einen und das untere des andern in gleicher Höhe mit der letzteren steht. Wäre der Erdmagnetismus nur in den Stäben wirkend, so müßte sich die Nadel von Ost nach West einstellen und die Kraft, mit der sie es thun würde, wäre der Verticalintensität proportional; sind die Stäbe nicht vorhanden, so stellt sich die Nadel in die Südnordrichtung, und zwar weil sie horizontal steht, mit einer der Horizontalintensität entsprechenden Kraft. Sind beide Kräfte gleichzeitig vorhanden, so nimmt die Nadel eine Zwischenrichtung an, die um so näher der einen oder der andern der vorgenannten beiden liegt, je stärker die Horizontal- oder die Verticalintensität ist, da ja in den Eisenstäben die Verticalintensitat wirkt, während die Kraft, mit der die Nadel im magnetischen Meridian zu bleiben strebt, von der Horizontalintensität abhängt. Daraus erfährt man nun das Verhältniß, in welchem der eine Magnetismus zum andern steht, und dieses gibt, wie ich Ihnen bereits im vorhergehenden Briefe angegeben habe, die Inclination und die Totalintensität, wenn man außerdem noch die Horizontalintensität weiß, die nach einer der ebenfalls im vorhergehenden Briefe angegebenen Methoden gefunden werden kann. Denn ist in Fig. 35 die Größe a b (Horizontalintensität) gegeben und das Verhältniß von a c zu a b, so kennt man auch die Größe von a c (Verticalintensität); die Größe a d (Totalintensität) ist aber nichts als die Diagonale des Parallelogramms, deren Winkel i die Inclination sehr leicht gefunden wird.

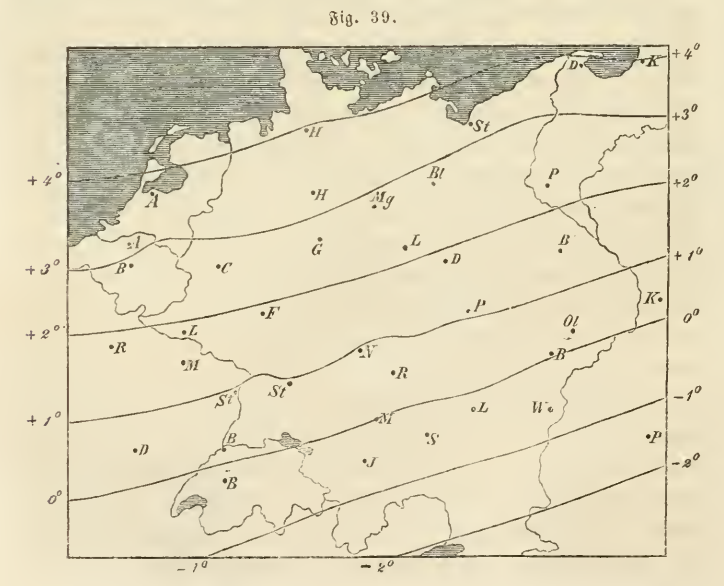
Das ganze Verfahren L a m o n t's ist nun in Kürze folgendes. Man läßt eine Horizontalnadel im Meridian einstehen, bringt dann in der senkrecht auf dem Meridiane stehenden und durch die Mitte der Nadel gehenden Linie in stets gleicher Entfernung die 2 Verticalstäbe, den einen oben, den andern unten an und beobachtet die Aenderung der Nadelstellung. Hierauf

wird der Stab, dessen unteres Ende mit der Nadel auf gleicher Höhe stand, hinabgedrückt, der andere Stab aufwärts geschoben, und die Nadel, die jetzt auf die andere Seite abgelenkt ist, wieder beobachtet. Ist dieses geschehen, so wechselt man die Stäbe aus und wiederholt beide Beobachtungen, worauf aus allen 4 Stellungen das Mittel gezogen wird.

Es kommt bei diesem Versuche viel auf die Natur der Eisenstäbe an, denn wenn 2 Stücke von verschieden hartem Eisen verwendet werden, so ist die Wirkung derselben eine sehr verschiedene. Darum muß auch allen Beobachtungen eine Untersuchung der Stäbe vorausgehen, die man in verschiedenen Stellungen auf ihren Magnetismus ein für allemal prüft, worauf dann alle nachfolgenden Messungen beruhen.

Wie bei der Intensität die einander gleichen Punkte der Erdoberfläche mit einander verbunden werden, so geschieht es auch bei der Inclination, und man erhält auf diese Weise die isoklinischen Linien, deren Vertheilung über die Erde Sie in nebenstehender Tafel II., die ebenfalls nach der Sabine'schen Karte gezeichnet ist, sehen. Die an den Linien angegebenen Zahlen zeigen Ihnen die jeweilige Neigung der Nadel. Auf

Fig. 39.



II.

150 Oestl. Lange 180 v. Greenwich 210
30 Oestl. Lange 60 v. Greenwich 90
120 Westl. Lange 90 v. Greenwich
Nördl. Polarkreis
Jakutsk
St. Petersburg
St. Petersby
Jrkutsk
London
Paris
Wien
Algier
Wendekr. des Krebses
Bombay
Madras
Aden
C. Palmas
Aequator
C. St. Roque
Wendekr. des Steinbocks
C. R. g. Hoffnung
Sidney
Valparaiso
Rio Janeiro
C. Horn
Südl. Polarkreis
Enderby's Land



jeder Halbkugel ist nur ein einziger Pol, an dem die Nadel senkrecht steht; der schattirte Theil gibt die Orte südlicher Inclination an. Fig. 39 zeigt die Vertheilung der Linien in Deutschland nach Lamont, die am Rande stehenden Zahlen geben die Differenz der Neigung der Nadel von der zu München beobachteten an, wo die Inclination am 1. Januar 1858 64° 39',5 betrug.

Achtzehnter Brief.

Die Declination.

Die horizontal hängende Magnetnadel richtet sich, wenn ihr durch die Art der Befestigung freie Wahl der Stellung gelassen wird, wie ich Ihnen bereits geschrieben habe in der Weise, daß das eine Ende in die Gegend des astronomischen Nordpols, das andere mithin gegen Süden zeigt; doch fällt die Nadelrichtung im Allgemeinen nicht mit der Südnordlinie zusammen, sondern bildet damit einen Winkel, die Declination oder Abweichung. Man nennt, wie bereits erwähnt, die Verticalebene, in welcher die Nadel stehen bleibt, den magnetischen Meridian zum Unterschiede von dem von Nord gegen Süd gehenden astronomischen.

In Deutschland beträgt die Declination im Mittel etwa 15 Grade. Gehen wir von unserm Vaterlande aus westlich, so wird die Differenz der beiden Meridiane größer und erreicht im atlantischen Ocean ein Maximum, worauf sie bis zu dem östlichen Amerika abnimmt, wo die Nadel genau nach Norden sieht. Setzen wir die Reise noch weiter nach Westen fort, so erscheint die Declination wieder, ist aber jetzt östlich und diese östliche Abweichung wird, nachdem sie im stillen Oceane den größten Werth erreicht hat, an der Ostgrenze unsres Welttheils wieder Null.

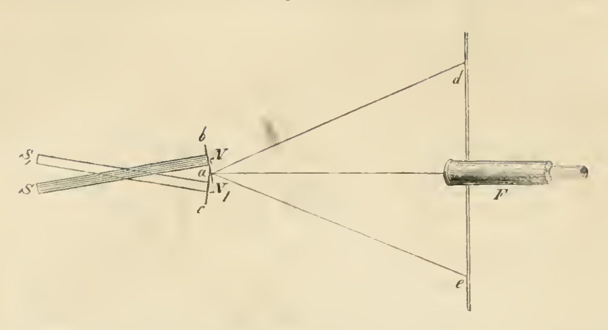
Die Kunde von der Abweichung ist, wie Sie im Kosmos

finden, schon sehr alt, doch hat unsere Bekanntschaft damit, wie sich von selbst versteht, in immer fortschreitender Progression zugenommen, je näher ein Zeitpunkt der Gegenwart liegt. Unter den 3 Momenten, welche an der Magnetnadel zu beobachten sind, der Intensität, Inclination und Declination, war stets die letztere die am genauesten bekannte. Der Nutzen, den man sich von der genauen Kunde der Declination in Beziehung auf die Längenbestimmung versprach, war früher ein Hauptanlaß zu deren genauerem Studium, da letztere, wie Sie wissen, noch vor 100 Jahren sehr viel zu wünschen übrig ließ. Die erste Anwendung dieser Methode von Längenbestimmung hat bereits Columbus i. J. 1496 auf der Rückkehr von seiner zweiten amerikanischen Reise gemacht. Damals befand sich im atlantischen Ocean eine Linie ohne Abweichung, die der Admiral schon auf seiner ersten Reise gefunden, deren Entfernung von den Azoren er bestimmt hatte. Auf der erwähnten Rückreise hatte Columbus unglücklicher Weise seinen Curs zu südlich eingeschlagen, weil er direct nach Spanien gehen wollte, und wurde darum von dem in jenen Gegenden herrschenden Nordostpassate sehr aufgehalten, dem jetzt die Schiffe dadurch ausweichen, daß sie im Ocean zuerst nord- und dann ostwärts steuern. Auf dem spanischen Schiffe ging nachgerade der Proviant zur Neige und um die Noth noch größer zu machen, wußten die Piloten die Länge nicht mehr zu bestimmen. Columbus fand den Ort mit Hülfe der Declinationsbeobachtungen, und als die Nadel direct nach Norden zeigte, erkannte er, daß er nicht mehr ferne von den Azoren sei. Sicherlich kann man nicht läugnen, daß, wenn für möglichst viele Punkte der Erde die Differenz der beiden Meridiane, des magnetischen und des astronomischen, bekannt ist, aus der Stellung der Nadel auch alsbald die Lage des letzteren Meridians gefunden werden kann; doch hat außer der Veränderlichkeit der Declination, die ich mir als Gegenstand des nächsten Briefes vorbehalten will, noch der Umstand eine große Bedeutung, daß eben die genaue Declinationsbestimmung nur dann möglich ist, wenn die Kenntniß von Länge und Breite vorausgeht. Gesetzt, ein Schiff finde irgendwo auf dem Ocean eine westliche Declination von 25 Graden und trage diese auf seiner Karte ein, verzeichne aber den Punkt, welchem die Declination

entspricht, wegen fehlerhafter Zeitbestimmung falsch, so werden alle andern Schiffe, die nach dieser Declination die Zeit finden wollen, ebenfalls fehlen. An Stellen, wo die Declination nahegelegener Orte sehr verschieden ist, kann, wenn dieselbe vorher gut bestimmt wurde, ein nachfolgendes Schiff eine ziemlich verlässige Angabe der Länge bekommen; ist aber in irgend einer Gegend zwischen weit von einander entfernten Orten nur eine geringe Declinationsdifferenz, wie dieses namentlich im großen Oceane häufig vorkommt, so hilft die Bestimmung der Länge dort sehr wenig, weil ein kleiner Fehler im Declinationswinkel einen großen Irrthum in der Längenbestimmung nach sich zieht. Die Declination allein konnte früher nur Näherungsbestimmungen geben und jetzt ist man mit den Chronometern besser daran. Ist übrigens auch diese Ursache, die Abweichung der Nadel genau zu studiren, gegenwärtig in den Hintergrund gedrängt, so kennt man sie doch auch jetzt darum am besten, weil sie sich am genauesten und leichtesten beobachten läßt, denn sowohl die Bestimmung der Intensität als auch die der Inclination setzen die Kenntniß der Declination voraus, und die hier gemachten Irrthümer tragen sich natürlich auch auf die beiden ersteren über.

Die ursprüngliche, aber auch ungenaueste Bestimmungsart der Declination beruht auf der Anwendung des Compasses, also der auf einer Spitze ruhenden Nadel: man sucht die Stellung der Nadel und vergleicht sie mit dem astronomischen Meridian. Diese Methode ist nur noch auf den Schiffen in Anwendung, während auf dem Lande alle Declinationsbestimmungen vermittelst aufgehängter Magnete gemacht werden. Einem so befestigten Magnete gegenüber befinde sich ein Fernrohr, welches etwas höher steht als der Magnet, so daß es, um diesen in seine Axe zu bekommen etwas geneigt werden muß. Der Magnetstab ist auf der dem Fernrohre gegenüberstehenden Seite mit einem Spiegel versehen und gerade unter dem Fernrohre, und zwar eben soviel niedriger als der Magnetstab, als dieser niedriger ist als das Fernrohr, befindet sich eine mit einem Maaßstabe versehene Latte. Fig. 40 stelle diesen Apparat von oben betrachtet vor. F ist das Fernrohr, NS der Magnetstab, ab der Spiegel, cd die Latte. Befindet sich der Magnet in der Lage NS, so sieht man durch das Fernrohr vermittelst des Spie-

Fig. 40.



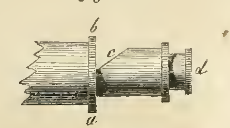
gels ab den Lattenpunkt d; steht aber der Magnet in der Richtung $N_1 S_1$, so ist sein Spiegel in der Richtung a c und durch das Fernrohr sieht man den Lattenpunkt e. Je weiter das Fernrohr von dem Magnete entfernt ist, um so weiter entfernen sich bei gleichen Aenderungen der Magnetrichtung die Punkte d und e von einander, und bei der geringsten Aenderung des Magnetes sieht man durch den Spiegel einen ganz andern Maaßstabtheil im Gesichtsfelde des Fernrohrs. Die Stellung des letzteren, d. h. die Abweichung seiner Richtung von der des astronomischen Meridians ist leicht zu finden, wenn man das Rohr etwa nach einem Thurme einstellt, und durch eine gute Karte oder auf andere Weise weiß, wieviel die Linie vom Fernrohre zum Thurme von der Südnordrichtung abweicht. Die Distanzen zwischen Fernrohr und Spiegel, zwischen Spiegel und Latte, sowie die Größe der Lattentheile läßt sich leicht messen und daraus berechnen, wieviel die Spiegellage geändert werden müsse, um im Fernrohre den einen oder den andern Lattentheil sehen zu können. Wenn mit demselben Apparate längere Zeit hindurch beobachtet werden soll, so umgeht man die Mühe, die Stellung des Fernrohres immer wieder zu bestimmen, dadurch, daß man in dem Beobachtungszimmer den Magnet und das Fernrohr so stellt, daß die Distanz zwischen Fernrohr und Spiegel und Spiegel und Latte zusammen gerade so groß ist, als zwischen dem Fernrohre und der gegenüberstehenden Wand, an der man ein für allemal dem Rohre gerade gegenüber einen verticalen Strich, die Mire, anbringt. Solange man durch das Rohr die Mire in der Mitte des Gesichtsfelds sieht, ohne erste-

res nach Ost oder West drehen zu müssen, hat es seine alte Stellung.

Die vorstehende Messungsmethode wurde von Gauß angegeben. Der Magnet wiegt mehrere Pfunde und ist von dem Fernrohre etwa 15 Fuß entfernt. Da man dieser Dimensionen wegen das Instrument auf Reisen nicht gebrauchen kann, hat Lamont einen ebenso sinnreichen als compendiösen Apparat erdacht, der den großen Vorzug hat, daß er mit aller wünschenswerthen Genauigkeit die möglichste Transportabilität verbindet. Ich bedaure, Ihnen hier den Apparat nur im Principe angeben zu können und muß Sie bezüglich der Details auf das Lehrbuch der kosmischen Physik von Müller verweisen.

Der Magnet des Lamont'schen Reisetheodolithen wird von einer 2 Zoll langen Stahlfeder gebildet, ein auf ihrer Axe senkrecht stehender kleiner Spiegel ist fest mit dieser Nadel verbunden, unter ihr angebracht. Bei dem Fernrohre, durch das man in den Spiegel sieht, befindet sich in a b (Fig. 41), wo sonst das Fadenkreuz angebracht ist, eine Glasplatte mit einer ganz feinen eingravirten verticalstehenden Linie, die obere Hälfte des Rohres ist eingeschnitten und bei c liegt ein kleiner Spiegel, der den obern Theil der eingravirten Linie beleuchtet. Von dieser Linie geht das Licht zum Spiegel des Magnetes, wird dort reflectirt und gelangt rückwärts durch das Fernrohr gehend in das in d befindliche Auge des Beobachters, welches zu gleicher Zeit den untern Theil der Verticallinie direct sieht, weil die entsprechende Hälfte von a b durch den Spiegel c nicht abgeblendet wurde. Wenn die beiden Theile, welche man so auf doppelte Weise wahrnimmt, zusammenfallen, d. h. einfach gesehen werden, so steht nach den Gesetzen der Optik die Axe oder Richtung des Fernrohres genau in der Richtung der Nadel, weiß man also die Stellung des ersteren, so hat man auch die der letzteren. Sieht man die Linie doppelt, so wird das Fernrohr soweit zur Seite gedreht, bis die beiden Bilder zusammenfallen. Wenn in Fig. 40 die Richtung des Magnetstabes genau die des Fernrohres wäre, so würde man durch dieses den Nullpunkt der Scala auf der Latte sehen. Dieser Nullpunkt entspricht der

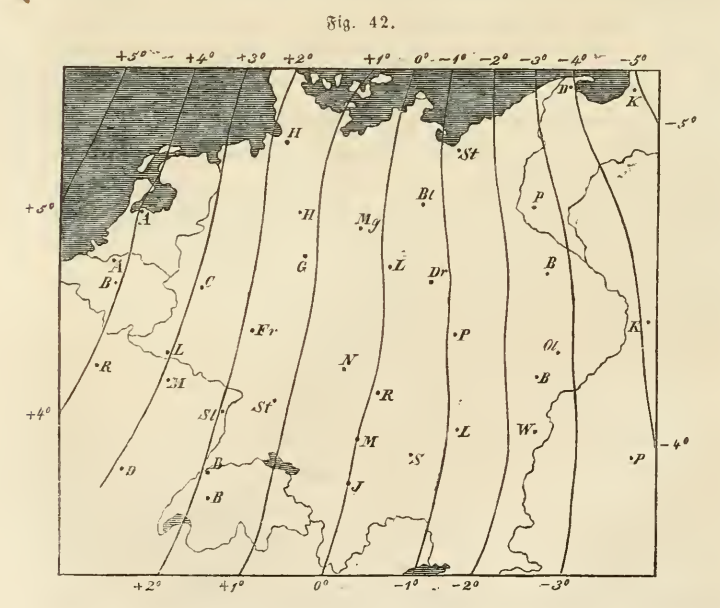
Fig. 41.



Verticallinie des Lamont'schen Instrumentes, und man ändert bei letzterem die Lage des Fernrohres so lange, bis Nadel und Fernrohr in derselben Linie stehen, während bei dem Gauß'schen Apparate das Fernrohr festbleibt und nur bestimmt wird, wieviel die Richtung des Magnetes von der des Fernrohres abweicht. Um die Stellung des Magnetes NS nach Lamont zu finden, wird das Fernrohr gegen d hinübergeschoben, nach e aber, wenn N_1S_1 untersucht werden soll. Hat man die Richtung des Magnetes gefunden, so erhält man dadurch, daß man die Lage des Beobachtungsortes gegen einen auf einer guten Karte gegebenen Punkt bestimmt, wie bei dem Gauß'schen Apparate, die Declination. In diesem Instrumente Lamont's fehlt die Latte, der Magnet ist viel kleiner, das Fernrohr ist ganz nahe an demselben, und darum ist dasselbe eben so leicht als compendiös und zu Reisen vorzüglich geeignet. Dieses Instrument ist es, mit dem Lamont seine Reisen durch Deutschland, Frankreich und Spanien gemacht hat, und dessen Angaben seinen Karten zu Grunde liegen.

Auch die Declination wird zur Herstellung von Karten be-

Fig. 42.



III.

150 Oestl Länge 180 v Greenwich 210

Nordl Polarkreis
Jakutsk
Irkutsk
St Petersburg
London
Paris
Wien
Algier
Aden
C. Palmas
C.d.g Hoffn.
Enderby's Land
Wendekr des Krebses
Aequator
Wendekr des Steinb
Sidney
Valparaiso
Rio de Janeiro
C. St Roque
C. Horn
Südl Polarkreis
St Petersbg
C.d.g Hoffnung

30 Oestl Länge 60 v Greenwich 90

120 Westl Länge 90 v Greenwich 60



nutzt, die Linien gleicher Abweichung der Nadel vom astronomischen Meridian heißen die Isogonen. Sie sehen in Tafel III. eine Karte dieser Isogonen nach Sabine, in welcher die Gegenden mit östlicher (—) Declination schattirt sind. Fig. 42 zeigt Ihnen diejenigen Punkte Deutschlands, deren Differenzen von München, wo die Declination am 1. Jan. 1858 14° 54,'5 betrug, gleich sind, nach der Zusammenstellung von Lamont.

Neunzehnter Brief.

Die Variationen und Störungen.

Die drei Elemente des Erdmagnetismus, die den Gegenstand meiner drei letzten Briefe bildeten, ändern sich nicht nur von Ort zu Ort, sie haben für eine und dieselbe Station nicht stets die gleichen Werthe, sondern schwanken beständig in kürzern oder längern Perioden, ändern sich Jahrhunderte hindurch in demselben Sinne, können sogar ruckweise andere Werthe bekommen.

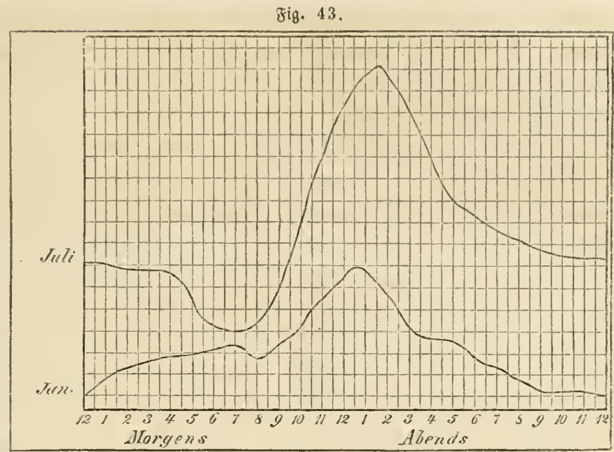
Erlauben Sie mir bei Besprechung dieser Veränderungen, Variationen der Elemente einen andern Gang einzuschlagen, als bei der der Elemente selbst, und den Aenderungen der Declination, als den am längsten und genauesten bekannten, den Vortritt einzuräumen.

Betrachtet man eine horizontale Nadel in ihrem Stande, so findet man alsbald, daß dieselbe niemals ruhig, sondern stets bald in lebhafterer, bald in langsamerer Bewegung ist. Man erkennt bei fortgesetzter Beobachtung, daß die Lage des magnetischen Meridians durchaus nicht constant ist, denn vom Morgen an geht auf unserer Halbkugel das Nordende der Nadel von Stunde zu Stunde mehr gegen Westen, um von Mittag allmälig zu ihrem östlichen Stande zurückzukehren. Auf der Südhalbkugel der Erde findet eine ähnliche Bewegung statt; aber dort geht, statt wie bei uns das Nordende, das südliche am Morgen nach West. Man sollte nun glauben, daß auf dem

neutralen Boden zwischen den beiden Gegensätzen, also da, wo die beiden Halbkugeln einander begrenzen, weder die eine noch die andere Bewegung stattfinde, doch ist dieses, wie Sie im Kosmos finden, nicht der Fall, denn die Grenzstationen machen den einen Theil des Jahres die eine, den andern Theil die andere Bewegung mit. So nimmt die Nadel in St. Helena in unserm Sommer die Bewegung der nördlichen, in unserm Winter die der südlichen Nadeln an.

Die ganze Bewegung geht übrigens nicht gleichmäßig vor sich. Haben Sie vielleicht schon einmal Gelegenheit gehabt, am Gestade des Meeres das Anrücken der Fluth zu beobachten? Sollte das der Fall sein, so ist Ihnen sicherlich nicht entgangen, daß, wenn die See eine Welle nach der andern an den Strand schickte, das Wasser der mittleren Wellen bis zu einer bestimmten Stelle des Bodens reichte. Unter ihnen befand sich eine oder die andere größere, die die Grenze der andern überschritt und hinter der diese zurückblieben. Allmälig kamen aber die kleineren weiter und weiter, so daß zuletzt selbst die kleinsten ihr Wasser so weit vorwärts brachten, als vorher die größeren, und neue größere heranrückend schlugen wieder weit über die anderen hinaus an eine Stelle, die kurze Zeit darauf auch von den kleinen Wellen eingeholt wurde. Ganz in derselben Weise geht die Nadel; sie ist in beständiger Thätigkeit, geht immer hin und her, aber man beobachtet bald, daß sie bei diesen Oscillationen um ein Mittel herumgeht, das beständig weiter fort auf die eine oder die andere Seite rückt. Die Bewegungen des Mittelpunktes der Schwingungen geben die Variationen der Declination, von der Ihnen beifolgende Zeichnung ein Bild geben möge. Die Figur ist ein Bild der Variationen, welche Lamont in München beobachtet hat. Lamont hat die Zusammenstellung für alle 12 Monate des Jahres gemacht; ich beschränke mich darauf, Ihnen Januar und Juli vorzuführen. Sie sehen in Fig. 43 in der untern Horizontalspalte die Morgen- und Abendstunden angegeben, denen die einzelnen Nadelstellungen entsprechen, welche in der Curve mit einander verbunden sind. Geht das Nordende der Nadel um eine Bogenminute westlich, so erhebt sich die Curve um eine Horizontallinie, und fällt, wenn erstere um eine Minute östlich rückt. Im Sommer ist

Fig. 43.



die Aenderung der Declination größer, im Winter ist sie kleiner, und die Größe der jeweiligen Aenderung ist, wie Lamont gefunden hat, proportional der Länge des Tages. Im Sommer ist der Tag bei uns länger, als in Lissabon, und ebenso auch die Declinationsänderung, beide sind im Winter in Deutschland kleiner als dort. In der Julicurve hat die Nadel ihren östlichsten Stand um 7 Uhr Morgens (19^h) und rückt dann bis nach 1 Uhr (1^h) westlich, worauf sie bis zum andern Morgen rückwärts geht. Hier gibt es nur 2 Wendestunden und die Nadel bewegt sich in einfacher Progression, wie Herr v. Humboldt es nennt. In der Januarcurve zeigt sich außer dem Hauptmaximum und Hauptminimum um 12 Uhr Mittags und Nachts noch ein secundäres Maximum um 7 Uhr Morgens, ein Minimum nach 8 Uhr, der Gang der Nadel folgt also einer doppelten Progression.

Die Bewegung der Nadel ist nicht jedes Jahr gleich. Lamont hat gefunden, daß die Schwankungen während 5 Jahre abnehmen und die 5 darauffolgenden wieder wachsen, eine Periode, die genau mit der von Schwabe entdeckten Sonnenfleckenperiode zusammenfällt, so daß, wenn die Sonne die meisten Flecken hat, bei uns die Variation des Magnetismus am größten ist, und die kleinen Unregelmäßigkeiten, welche sich bei den Sonnenflecken zeigen, kommen genau auch bei den Bewegungen der Magnetnadel vor.

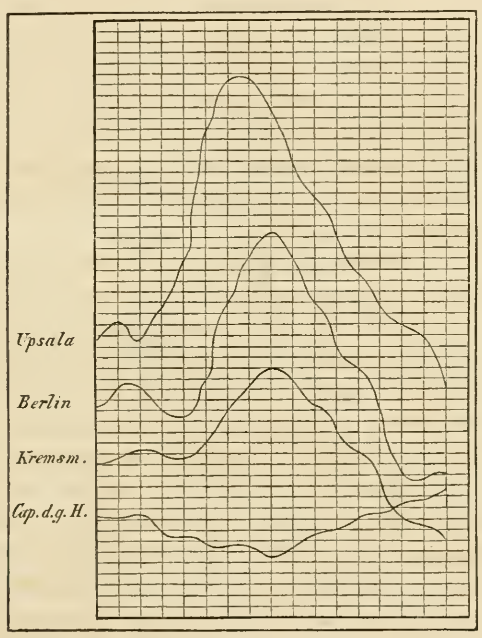
Außer den Schwankungen der Nadel, welche stets vorkommen, gibt es noch abnorme Bewegungen derselben, die je nach Umständen kürzere oder längere Zeit dauern und mehr oder weniger bedeutend sein können, die sogenannten Störungen. „Gewöhnlich", sagt Lamont, „ist die Bewegung der Nadel sehr ruhig und langsam, so zwar, daß in der Regel die Richtung niemals über 2 Minuten, die Kraft kaum über den fünftausendsten Theil in Zeit einer Stunde sich ändert: plötzlich tritt eine Unruhe im Stande der Instrumente ein, und nun fangen die Nadeln ihre anscheinend ganz regellosen Bewegungen an, die sie oft mit solcher Schnelligkeit durchmachen, daß es unmöglich wird, sie zu verfolgen." Ferner sagt er: „Ich habe selbst Aenderungen der Declination von 10 Bogenminuten in einer Minute Zeit gesehen. In unsern Gegenden kommt jedoch eine so rasche Bewegung außerordentlich selten vor. In den Polarregionen dagegen ist es oft der Fall, daß die Bewegung der Instrumente nicht mehr genau verfolgt werden kann. Bravais und seine Gefährten bei der französischen Nordexpedition 1838/39 haben wiederholt hievon sich zu überzeugen Gelegenheit gehabt. Schon in Petersburg und Sitka sind sehr rasche Bewegungen nicht selten."

Was die Störungen besonders auszeichnet, ist die große Ausdehnung des Gebietes, auf dem man sie wahrnimmt. Am 8. April 1842 um 9 Uhr 10 Minuten beobachtete Kreil in Prag gerade das Declinationsinstrument, als die Nadel plötzlich einen so starken Stoß erhielt, daß die Scala auf der Latte über das Gesichtsfeld des Fernrohrs hinausfuhr. Dieselbe Oscillation wurde in demselben Augenblicke und zwar in gleicher Richtung von Cella in Parma und von Lamont in München beobachtet, und kurze Zeit darauf erfuhr man, daß in derselben Minute in Griechenland ein heftiges Erdbeben stattgefunden hatte.

Die Kenntniß der Störungen wurde sehr gefördert, als vor 20 Jahren auf Herr v. Humboldt's Verwenden an den entlegensten Punkten der Erde magnetische Observationen gegründet wurden, auf denen man an bestimmten Tagen von 5 zu 5 Minuten den Stand der Magnetnadel untersucht, so daß man auf diese Weise den jeweilig gleichzeitigen Stand des Magnetismus aller Stationen erfahren kann.

Eine bedeutendere Störung, die man an dem einen Orte wahrnimmt, beobachtet man auch an den übrigen Stationen desselben Meridians, vorausgesetzt, daß ihre Breite nicht sehr bedeutend ist. Macht die Nadel in Upsala eine Bewegung nach West, so geht auch gleichzeitig die in Göttingen nach derselben Seite, und mit ihnen gehen die Nadel von München, die Nadel von Mailand u. s. w., die Nadel des auf der jenseitigen Halbkugel gelegenen Cap der g. Hoffnung dagegen macht den entgegengesetzten Weg. Stellt man die Bewegungen der verschiedenen Nadeln graphisch dar, so ergibt sich, daß die resultirenden Curven zwar nicht gleich, aber doch sehr ähnlich sind, wie Sie aus nachstehender Zeichnung Fig. 44 sehen können,

Fig. 44.



welche die Störung vom 28. Aug. 1841 ein Uhr Morgens für die Stationen Upsala, Berlin, Kremsmünster und Cap der g. Hoffnung gibt. Die Größe der bei den jedesmaligen Störungen vorkommenden Oscillationen ist für die einzelnen Orte verschieden, steht aber nach Lamont in einem constanten Ver-

hältnisse. Beträgt nämlich die Bewegung der Nadel in Mailand 10′, so erreicht sie in München deren 11, in Krakau 12, in Breda 16, in Göttingen 18, in Kopenhagen 22. In höheren Breiten hört diese Gesetzmäßigkeit wie alle andere, also auch die Aehnlichkeit der Störungscurven u. s. w. auf.

Auch in der Richtung von Ost nach West lassen die Störungen sich wahrnehmen, doch wird ihr Bild dadurch getrübt, daß gleichzeitig an den Orten verschiedener Längen verschiedene Tageszeiten sind, die wegen der jedesmal andern Variation auf den Gang der Nadel eigenthümlich einwirken. Vergleicht man die gleichzeitigen Beobachtungen von Petersburg, Katherinenburg, Barnaul, Nertschinsk, Sitka, Makerstown, die sämmtlich in der Nähe des 55. Breitegrades liegen, miteinander, so findet man nach Lamont, daß, wenn in Petersburg eine große Störung eintritt, in Katherinenburg die Nadel sich nach derselben Richtung bewegt, aber einen weit kleineren Weg zurücklegt. In Barnaul und Nertschinsk geht zwar die Bewegung noch immer im gleichen Sinne, nähert sich aber schon dem Verschwinden, weiter östlich verschwindet sie wahrscheinlich gänzlich, um in Sitka in entgegengesetztem Sinne wieder aufzutauchen und zeigt sich dann in Makerstown wieder in derselben Richtung wie in Petersburg, aber schwächer als dort. Im Allgemeinen kann man annehmen, daß die an einem Orte auftretende Störung in 90° östlich oder westlich nahezu verschwindet, dagegen bei 180° Längendifferenz in entgegengesetztem Sinne zum Vorschein kommt.

Am Morgen wird die Nadel durch die Störungen öfter nach Westen geführt als nach Osten, von Mittag bis Mitternacht tritt der entgegengesetzte Fall ein.

Die Declination ist an ein und demselben Orte nicht immer die nämliche, sie ändert sich vielmehr fort und fort, sie erleidet die seculare Variation. Ich erinnere Sie daran, daß ich in einem der vorigen Briefe erwähnte, die Sabine'schen Karten seien zwar die neuesten und doch schon etwas veraltet. In Paris, wo die regelmäßigen Declinationsbeobachtungen am weitesten zurückdatiren, war die Abweichung der Nadel im Jahre

1580	11° 30′ östlich	1814	22° 34′ westlich
1666	0°	1822	22° 11′ =

1770	8° 10′ westlich	1842	21° 25′ westlich
1805	22° 5′ "	1852	20° 20′ "

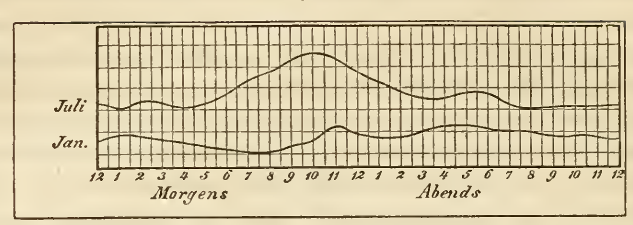
die Nadel hat also vor nahezu 300 Jahren gegen Osten gezeigt, ist dann mehr und mehr westlich gegangen, diese westliche Richtung erreichte 1814 ihren größten Werth und jetzt geht die Nadel wieder ostwärts. Aehnlich geht es auch an andern Orten, wenn auch die Aenderung nicht allenthalben dieselbe ist. In Paris betrug zwischen 1842 und 1852 die jährliche Abnahme der Declination 6,5 Minuten, in München wird sie jährlich um 6,7 Minuten kleiner.

Gegenwärtig rückt das ganze System isogonischer Linien, das Sie auf der Sabine'schen Karte sehen, gegen Westen vor. Die Isogone von 0°, welche Columbus im atlantischen Ocean gefunden hat, scheint einige Jahrhunderte früher durch Europa gegangen zu sein, und diejenige, welche jetzt durch Ostamerika geht, passirte 1657—1662 London und 1666 das 2° 26′ weiter östlich gelegene Paris, sie muß daher, weil sie an ersterem Orte früher war, eine Richtung gehabt haben, die von Südost nach Nordwest ging und noch mehr gegen West geneigt ist, als eine Linie, die man von Paris nach London zieht. Die Linien ändern zu gleicher Zeit ihre Lage und ihre Form, doch ist die letztere Aenderung eine viel geringere als die erstere, weshalb Lamont in seinen Karten nicht die wirklichen Werthe der Magnetismuselemente angibt, sondern ihre Differenzen mit einer Hauptstation, denn auf diese Weise kann es erzielt werden, daß die Karten längere Zeit hindurch ihre Gültigkeit behalten.

Die Inclination der Nadel hat wie die Declination ihre täglichen und säcularen Variationen, ihre Störungen, doch sind alle diese Elemente wie die Inclination überhaupt, weil umständlicher zu beobachten, weniger gekannt als letztere.

Die Inclination ist um 10 Uhr Morgens am größten und nimmt von da an bis 10 Uhr Abends ab, alsdann wird sie wieder, jedoch nicht ganz regelmäßig fortschreitend, größer, bis sie ihren ursprünglichen Stand des andern Tags um 10 Uhr erreicht. Die ganze Aenderung ist im Sommer größer, im Winter kleiner, auch ist der Gang der Nadel in den verschiedenen Jahreszeiten etwas verschieden. Sie erkennen diese Verhältnisse am leichtesten aus der nachstehenden Fig. 45, welche Lamont

Fig. 45.



aus den Münchener Beobachtungen abgeleitet hat, weshalb ich mich einer weiteren Besprechung derselben enthalten will. Die unterste Horizontalspalte gibt auch hier wieder die Stunde, die Distanz der Horizontalspalten entspricht einer Inclinationsdifferenz von einer Bogenminute, die Inclination nimmt zu, das Nordende der Nadel neigt sich also gegen die Erde, wenn die Curve steigt.

Auch säculare Aenderungen der Inclination sind vorhanden. In Paris betrug die Neigung der Nadel in den Jahren:

1671	75°	1820	68° 20′
1780	71° 48′	1825	68° 0′
1806	69° 12′	1831	67° 40′
1814	68° 36′	1835	67° 24′

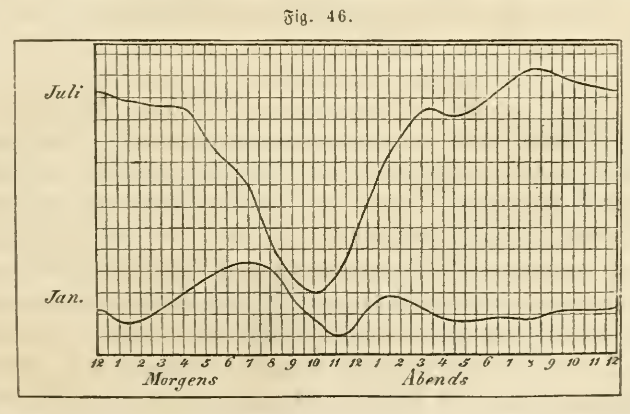
und erreicht jetzt nicht mehr ganz 67°. Auch in München nimmt die Inclination ab, und vermindert sich jährlich um 2,5 Minuten, während sich aus den Pariser Beobachtungen von 1841—1851 eine Aenderung von 3,4 ergibt. Es scheint gegenwärtig, wenn auch nicht allenthalben auf der Erde, doch in der Gegend der Europa durchziehenden Meridiane eine Verschiebung der Isoklinen von Ost nach West vor sich zu gehen, wie dieses auch bei den Isogonen stattfindet. Denken Sie nämlich das Liniensystem der Tafel II. von Ost nach West über das auf der Karte gezeichnete Land weggeschoben, so werden Sie alsbald finden, daß die Isokline von 70° sich von Paris und München entfernt, die von 60° den beiden Orten näher rückt. Die Isokline beider Orte neigt sich gegen Südwesten bei Paris steiler als bei München, es muß also an ersterem Orte bei gleicher Bewegung der magnetischen Curve die Inclination in Frankreich schneller abnehmen als bei uns. Geht dieses noch einige Zeit so fort, so muß, da östlich von uns die Curve auch

wieder südwärts geht, die Abnahme der Inclination demnächst aufhören und wieder bis nahezu 70° wachsen, welcher Fall dann eintritt, wenn derjenige Curventheil bei uns ist, der sich gegenwärtig in der Nähe des Baikalsees befindet, vorausgesetzt, daß die Curve sich im Laufe der Jahrhunderte nicht wesentlich ändert, was allerdings wohl möglich ist, wenigstens deuten die im Kosmos S. 109 angegebenen Inclinationsänderungen von Kasan, Saratow, Sarepta und Astrachan darauf hin, da die Neigung an diesen Orten wächst, während sie bei einem bloßen Verschieben der Curven noch abnehmen sollte, weil die fraglichen Orte westlich vom Baikalsee liegen. Auch südwärts von uns schiebt sich der Durchschnittspunkt des magnetischen und des astronomischen Aequators, wie Sie aus dem Kosmos ersehen, jährlich um einen halben Grad westlich.

Die Inclination ist auch Störungen unterworfen, doch sind diese wenig bekannt.

Während Declination und Inclination vom Morgen bis zum Mittage wachsen und dann wieder abnehmen, ist bei der Intensität der entgegengesetzte Fall vorhanden. Das Maximum ist Abends, das Minimum gegen Mittag, doch zeigen verschiedene Orte und Jahreszeiten in dem Gange der Intensität einige Abweichungen. Nachstehende Fig. 46 gibt die Aenderung der Horizontalintensität zu München für die Monate Januar und Juli nach Lamont. Erhebt sich die Curve um einen Scalatheil, so entspricht dieses einer Zunahme von $^{2}/_{10000}$. Nach

Fig. 46.



den Münchener Beobachtungen sind die Aenderungen der Total- intensität genau die Hälfte derjenigen der Horizontalintensität.

Die säculare Aenderung der magnetischen Kraft kennt man nicht so gut, als die der beiden andern Elemente, weil sie überhaupt erst seit kurzer Zeit genauer untersucht wird. Die Münchener Resultate sind allerdings sehr genau, sie gehen aber nur auf eine im Verhältnisse zu den Declinations- und Inclinationsbeobachtungen sehr kurze Zeit zurück. Vom 1. Jan. 1841 bis 1. Jan. 1858 hat sich in München die Horizontalintensität von 1,9300 auf 1,9712 (nach der v. Humboldt'schen Scala) vergrößert, in jedem Jahre also um 0,024. Auch dieses deutet auf eine Verschiebung der magnetischen Curven von Ost nach West, wie Sie sehr leicht aus der Betrachtung der Tafel I. oder noch besser aus Fig. 37 entnehmen können. Wenn der gegenwärtig in der Nähe von Wien befindliche Curventheil nach München gegangen sein wird, so wird sich die Horizontalintensität um 0,05 vergrößert haben. Es ist jedoch auch hier nicht zu übersehen, daß sich mittlerweile auch die Gestalt der Curve und nicht blos ihre Lage ändert.

Zwanzigster Brief.

Die Theorie des Erdmagnetismus.

Handelt es sich darum, die Fülle von Erscheinungen, welche die magnetische Kraft der Erde uns vorführt, auf ein einziges allgemeines Princip zurückzuführen, zu dem sich erstere verhalten, wie die Wirkung zur Ursache, so muß ich Ihnen leider mittheilen, daß der gegenwärtige Stand der Naturwissenschaften in dieser Beziehung noch sehr im Argen ist, und wir sind trotz all der Bestrebungen, die das Dunkel aufzuhellen seit 20 Jahren gemacht wurden, noch kaum einen Schritt weiter gelangt, als wir am Anfange dieser Periode waren. Ich muß

mich aus diesem Grunde darauf beschränken, Ihnen einige Notizen über die Versuche, den Erdmagnetismus zu erklären, anzuführen, Versuche, von denen zur Zeit keiner ausreicht, da sie theils unter die Reihe der offenbar verunglückten Bestrebungen gehören, theils noch immer durch Thatsachen zu wenig unterstützt sind, um als Fundamente eines ganzen Gebäudes benutzt werden zu können.

Zur Erklärung der erdmagnetischen Erscheinungen glaubte Steinhäuser einen magnetischen Planeten Pluto oder Minerva zu Hülfe nehmen zu müssen, der nicht über der Erde, sondern innerhalb, in der Entfernung 0,2 des Erdhalbmessers in einem Zeitraum von 440 Jahren seinen Umlauf vollendet. Daß mit solchen Theorien, die Allem, was wir vom Erdinnern wissen, — ich erinnere hier nur an die Dichtigkeit, — widerspricht, nicht geholfen sein könne, werden Sie wohl zugeben.

Nach den meisten andern der früheren Annahmen sollte die Erde einen oder mehrere kleine Magnete enthalten, und nach solchen Voraussetzungen wurde berechnet, welche Einflüsse eine an der Erdoberfläche befindliche Nadel erleiden müsse.

Die einfachste Annahme dieser Art ist die, nur einen einzigen Magnet im Mittelpunkte der Erde zu denken, oder doch wenigstens die Gesammtwirkung des ganzen Planeten so vorauszusetzen, als sei sie der eines solchen Magnetes gleich.

Wäre diese Hypothese in der Natur begründet, so müßten an den zwei Punkten, wo die verlängerte Axe des angenommenen Magnets die Erdoberfläche schneidet, die beiden Magnetpole der letzteren sein, dort müßte mithin die Nadel senkrecht stehen, und zugleich die Intensität den größten Werth erlangen. In dem größten Kreise zwischen beiden Polen, dem magnetischen Aequator würde die Inclination verschwinden, die Intensität halb so groß sein als am Pole, während zwischen Pol und Aequator die Neigung der Nadel sowohl als die Stärke des Magnetismus nur von der jeweiligen Entfernung vom Aequator, also von der magnetischen Breite abhängig wäre. Die Declination würde in diesem Falle sich sehr einfach gestalten, denn die horizontale Nadel würde sich stets in den größten Kreis stellen, der durch den Beobachtungspunkt und die beiden Pole geht. Wären die astronomischen Pole zugleich die magnetischen,

so wären die Isoklinen zugleich die Parallelkreise, Declination der Magnetnadel wäre keine vorhanden, weil deren Richtung stets mit der des Meridians zusammenfiele. Würden die beiden Magnetpole an einer andern Stelle sein, so ließe sich in Bezug auf dieselben ein ganz regelmäßiges System von magnetischen Linien gründen, entsprechend der mathematischen Erdeintheilung in Bezug auf die astronomischen.

Die Beobachtung der magnetischen Verhältnisse lehrt, daß die einfachste Annahme eines Magnetes im Centrum der Erde nicht genüge und darum hat schon vor 100 Jahren Tobias Mayer in Göttingen den Sitz des kleinen Magnetes auf eine Stelle, die um den 7ten Theil des Erdhalbmessers von dem Centrum der Erde entfernt ist, verlegt. Für die wenigen Anhaltspunkte, die man vor 100 Jahren hatte, wo man kaum die Declination einiger wenigen Orte kannte, die Inclination nur sehr ungenau bestimmte und von der Intensität noch soviel wie gar nichts wußte, gab die Mayer'sche Annahme ziemlich befriedigende Resultate, aber mit dem Anwachsen des Materials, das die an den verschiedensten Punkten der Erde gemachten Beobachtungen lieferten, zeigte sie sich mehr und mehr unhaltbar. Darum ging Hansteen weiter: er dachte 2 sehr kleine Magnete von ungleicher Lage und Stärke so in's Innere der Erde gelegt, daß die von ihnen ausgehenden Wirkungen den Beobachtungen entsprechen. Auch dieses reichte nicht hin.

Statt sich den Magnetismus so in der Erde vertheilt zu denken, daß seine Wirkung der eines oder mehrerer da oder dort liegenden Magnete gleich kommt und daraus den Einfluß auf die Oberfläche zu berechnen, hat Gauß die ganze Erde als magnetisch angenommen, in der der Magnetismus in irgend einer Weise vertheilt sei und hat unter Zugrundelegung der Beobachtungen die Art und Weise bestimmt, in der die magnetischen Linien sich über die Erdoberfläche vertheilen, wo die Pole liegen müssen u. s. w. Gauß blieb im Ganzen auf der Oberfläche. Das genauere Detail der magnetischen Verhältnisse des Erdinnern ließ er unbestimmt und begnügte sich, nur die Gesammtwirkung anzugeben. Diese Gesammtwirkung der Erde ist, wie Ihnen bereits Herr Cotta in dem ersten Bande seiner Briefe geschrieben hat, eben so groß, als wie die von

8464 Trillionen Magnetstäben von einem Pfunde Gewicht, deren Axen sämmtlich gleiche Richtungen besitzen, so groß, als wenn in jedem Würfel von anderthalb Fuß Seitenlänge, aus denen die Erde zusammengesetzt gedacht werden kann, ein solcher Magnetstab sich befände. Die Körper, welche die Oberfläche der Erde, sowie deren Kruste, soweit sie uns zugänglich ist, zusammensetzen, haben diese mittlere Wirkung nicht, man beobachtet wohl an manchen Felsen magnetische Wirkung, die größere Masse des Bodens zeigt dieselbe aber nicht, und daraus folgt, daß die magnetische Wirkung des Erdinnern verhältnißmäßig viel bedeutender sein muß, als die der Erdkruste.

Die magnetische Wirkung der Erde ließ sich aus der Gauß'schen Theorie erklären, nicht aber die Variationen des Magnetismus. Die Entdeckung der magnetischen Wirkung des Sauerstoffs durch Faraday, welche ich Ihnen bereits im 15. Briefe mitgetheilt habe, war die Veranlassung, eine Theorie aufzustellen, welche sich mit diesen Aenderungen befaßt.

Ich erinnere Sie hier zunächst daran, daß unsere Erde mit einer Atmosphäre umgeben ist, welche eben den magnetischen Sauerstoff enthält, der etwa in derselben Weise thätig ist, wie ein über die ganze Erde sich ausdehnendes magnetisches Blech. Die Wirkung dieses Bleches ist jedoch nicht stets dieselbe, denn sie ist von seiner Temperatur abhängig. Wird die Luft erwärmt, so dehnt sie sich aus, die Atmosphäre wird an der erwärmten Stelle dadurch höher, und oben fließt die hinausragende Luft nach den Seiten ab, wo die Erwärmung nicht so bedeutend war. An der warmen Stelle wird darum weniger Sauerstoff sein und dessen Wirkung ist darum auch geringer. Erhöhte Wärme wirkt dem Magnetismus entgegen, die magnetische Kraft wird daher auch aus diesem Grunde in den warmen Gegenden geringer sein, und der entgegengesetzten Wirkung wegen in den kalten stärker.

Ist an irgend einem Orte der Erde Morgen, so haben die ostwärts davon gelegenen Landstriche eine mehr vorgerückte Tageszeit, die westlichen dagegen haben noch Nacht. Oestlich vom Beobachtungsorte ist es wärmer, westlich kälter, auf der letzteren Seite ist daher die Wirkung des Magnetismus stärker und das Nordende der Nadel, dasjenige, welches auf unserer

Halbkugel wegen der größeren Nähe des ihm freundlichen Erdpoles das maaßgebende ist, geht nach Westen. Auf der Südhemisphäre macht das Südende der Nadel dieselbe Bewegung. Dieses dauert bis zum Mittag. Nachdem die Sonne den Meridian überschritten hat, ist die Wärme in den Gebieten östlich und westlich von der Beobachtungsstation nahe gleich vertheilt, bei fortschreitender Bewegung wird sie westlich größer, die Ostseite kühlt sich ab, denn sie hat jetzt Abend und Nacht, und die Nadel geht daher gegen Osten zurück. Im Sommer ist die Schwankung der Temperatur größer als im Winter, also auch die der Magnetnadel.

Auf der Südseite eines Ortes der nördlichen Hemisphäre nimmt am Tage die Temperatur einen höheren Grad an, als an der Nordseite, es ist gerade, als wäre der kälteste Punkt der Erde weiter nach Nord gerückt, daher muß die Inclination wachsen, denn würde die größte Kälte bis an den dem fraglichen Punkte diametral gegenüberliegenden gehen, so müßte die Nadel senkrecht stehen, weil aber dieses nicht geschieht, so erreicht auch die Inclination die Größe von 90° nicht. Geht bei nördlicher Stellung der Sonne der kälteste Punkt der (Nord) Erde von der Sonne weg, möglichst weit nach Norden, so ist wegen der größeren Entfernung des Focus die Intensität schwächer, und diese nimmt daher gegen Mittag ab, während Declination und Inclination wachsen.

So sicher es auch ist, daß die vorstehende Theorie eine höchst geistreiche genannt werden muß, und daß die thermischen Verhältnisse unsres Planeten sehr viel Einfluß auf die magnetischen ausüben, so zeigt sich doch, daß dieselben allein zur Erklärung der letzteren nicht ausreichen. Wenn sich auch ein Zusammenhang des Ganges der Declinationsnadel mit dem der Temperatur denken läßt, so bleibt doch unerklärt, warum die Nadel zeitweise eine doppelte Periode ihrer Variationen hat, zuerst nach West, dann zurück nach Ost und hierauf wieder nach West geht, um jetzt erst nach Osten zurückzukehren, da in der Temperatur ein so regelmäßiges zweimaliges Zu- und Abnehmen nicht zu bemerken ist. Die Sonnenflecken beeinträchtigen die Wärmestrahlung der Sonne nicht bedeutend, denn wäre dieses der Fall, so hätte es sicherlich der Beobachtung nicht ent-

gehen können, daß kalte (sonnenfleckenreiche) und warme (sonnenfleckenarme) Jahre in Perioden von nahe 10 Jahren mit einander abwechseln, ja es ist sogar schon behauptet worden, die Sonnenflecken begünstigten die Wärmestrahlung der Sonne. Im Jahre 1838 betrug die mittlere tägliche Declinationsänderung 11,47 Minuten, nahm ab bis 1844, wo sie deren 6,61 betrug, und vergrößerte sich wieder bis 1848, wo sie bis 11,15 Minuten stieg. In dem Gange der jährlichen Wärme war während dieses Zeitraums eine solche Ab- und Zunahme nicht zu bemerken. Es kommt wohl vor, daß ein Jahr einmal kälter, ein anderes wärmer ist, als das Mittel, aber darin liegt noch keine Periodicität.

Noch größer ist die Schwierigkeit, die Bewegung der Inclinationsnadel vollständig zu erklären. Wäre allenthalben auf der Erde gleiche Wärme, so würde der Paramagnetismus des Sauerstoffs keine Wirkung auf die Inclinationsnadel ausüben; diese würde erst hervorkommen, wenn Temperaturdifferenzen auftreten. Gerade am Tage, wo die Wärmeunterschiede zwischen den Ländern hoher und niedriger Breite am geringsten sind, ist die Inclination am größten.

Auch die Intensität fügt sich nicht ganz. Es ist nach der Theorie einzusehen, daß im Winter die Stärke des Erdmagnetismus stärker ist, als im Sommer, weil in ersterer Jahreszeit die magnetische Wirkung des Sauerstoffes weniger gehemmt wird. In Toronto in Canada ist, wie Sie im Kosmos (S. 98) finden, im Winter die Intensität stärker als im Sommer, wie es auch die Theorie verlangt; in dem Toronto fast diametral gegenüber liegenden Hobarton in Vandiemensland sollte dasselbe für die entsprechenden Jahreszeiten der Südhalbkugel eintreten, aber die Beobachtung zeigt gerade das Gegentheil. Den Grund dieser auffallenden Erscheinung haben daher Herschel und Sabine darin gesucht, daß sie den Sonnenkörper als magnetisch annehmen, wie Sie dieses auf derselben Seite des Kosmos angedeutet finden. Da unsere Erde sich in einer Ellipse um die Sonne bewegt, ist sie nicht immer gleich weit von dieser entfernt, sie befindet sich jetzt am 1. Januar in der Sonnennähe, am 2. Juli in der Sonnenferne, ist der Sonne also im Winter der Nordhalbkugel näher, als im Winter der Südhemisphäre.

Nähert man einem für den Magnetismus empfänglichen Körper einen Magnet, so ist die Einwirkung des letzteren auf den ersteren um so größer, je kleiner die Distanz zwischen den beiden ist, und daher rührt auch die größere Sonnenwirkung.

Die magnetische Wirkung der Sonne hat schon auf den Gedanken geführt, die Schwerkraft als eine magnetische zu betrachten; doch läßt sich diese Theorie nicht durchführen. Wäre die Erde der Sonne entgegengesetzt magnetisch, oder derjenige Magnetismus auf ihr vorherrschend, der dem auf der Sonne prädominirenden entgegengesetzt ist, so würde die Wirkung beider Körper auf einander sich nach demselben Gesetze richten, welches die Schwere befolgt, und die Erde müßte um die Sonne herumgehen. Auf diese Weise könnte die Annahme einer besondern Schwerkraft ganz umgangen werden. Es gibt allerdings keinen künstlichen Magnet, in welchem eine solche ungleiche Entwicklung der beiden Magnetismen vorkommt; allein denkbar bleiben derartige Körper doch. Soll nun auch ein anderer Planet, z. B. Jupiter, von der Sonne angezogen werden, so müßte auch dieser den der Sonne entgegengesetzten Magnetismus stärker entwickelt haben. Erde und Jupiter wären demnach beide gleichzeitig der Sonne entgegengesetzt, folglich unter einander gleich; weil aber Gleichartiges sich abstößt, so müßte dieses auch zwischen Erde und Jupiter stattfinden; sie thun es aber nicht, sondern ziehen sich an, und die magnetische Wirkung kann also die der Schwere nicht ersetzen.

Weil die directe Wärmewirkung nicht ausreicht, die magnetischen Erscheinungen zu erklären, hat man auch seine Zuflucht zu den elektrischen Strömen genommen. Temperaturdifferenzen können, wie ich Ihnen bereits früher geschrieben habe, elektrische Ströme hervorrufen, und diese haben magnetische Erscheinungen in ihrem Gefolge. Temperaturunterschiede sind aber stets auf der Erde vorhanden, denn wir haben immer eine wärmere Tag- und eine kältere Nachthalbkugel, die vermöge der Rotation der Erde ihre Rolle fort und fort wechseln. Es wird nun angenommen, daß die ganze Erde täglich von einem mit der Sonne gehenden Strome umkreist wird, der den von ihm eingeschlossenen Planeten ebenso zu einem Magnete macht, wie der in dem spiralförmig gewundenen Drahte das Eisen umkreisende elektrische

Strom den Elektromagnet hervorbringt. Dadurch wird also die Erde Magnet und ihr Querschnitt wird sich durch A (Fig. 34), der des darüber befindlichen Magnetstabes durch B repräsentiren lassen. Die verschiedenen Schwankungen in den auf der Erde vorkommenden Temperaturdifferenzen sollen das Uebrige thun.

Man kann allerdings nicht läugnen, daß diese Theorie eine sehr bestechende ist; doch fehlt leider eine Hauptsache: Die Ströme, auf welche Alles ankommt, lassen sich durch das Experiment nicht nachweisen.

Lamont nimmt den Kern der Erde als magnetisch an. Das Erdinnere hat eine bedeutend größere Dichtigkeit als die Kruste und besteht ohne Zweifel aus Metallen, unter denen wieder das Eisen, das in fast allen Laven, den Substanzen, die aus dem Innern zu uns kommen, sich befindet, eine große Rolle spielt. Dieser magnetische Kern mag in seiner Gestalt im Allgemeinen mit der der Gesammterde übereinkommen, doch fehlt es sicherlich nicht an Ausnahmen, und da, wo ein Höcker dieses Kernes sich befindet, den man auf der Kruste gar nicht wahrzunehmen braucht, wird sich der Erdmagnetismus auf der Oberfläche durch ein abnormes Verhalten der Magnetnadel zu erkennen geben, und so die mitunter sehr bedeutenden Krümmungen der magnetischen Linien zum Vorschein bringen. Wenn ein künstlicher Magnet in seiner Mitte unregelmäßig gestaltet ist, so hat dieses auf seine Wirkung an der Oberfläche wenig Einfluß, der letztere wächst aber alsbald, wenn die Unregelmäßigkeiten in der Nähe der Pole sind, und ebenso ist es auf der Erde, denn die Krümmungen der magnetischen Linien sind in der Nähe des Aequators viel geringer als in höheren Breiten, wo die Gesetzmäßigkeit der vielen Ausnahmen wegen fast ganz verschwindet. Die Variationen der Magnetnadel ist Lamont geneigt, aus elektrischen Wirkungen der Sonne abzuleiten, während die vorhergehenden Theorien mehr die Wärme der Sonne in den Vordergrund stellen. Lamont hält es nicht für unwahrscheinlich, daß das Sonnenlicht von elektrischen Vorgängen auf diesem Gestirne herrühre, daß die eine der beiden Elektricitäten auf der Sonnenoberfläche vorherrsche. Ist dieses der Fall, so wird diese Elektricität auf die beiden der Erde vertheilend wirken, wie die geriebene Glasstange auf die Elektrici-

täten des Korkes, welche Wirkung Sie bereits in meinem vierzehnten Briefe kennen gelernt haben. Die eine der beiden Elektricitäten der Erde wird sich der Sonne zu nähern, die andere sich zu entfernen suchen, und die Tag- und Nachthalbkugel der Erde befinden sich daher in entgegengesetzten elektrischen Zuständen, die nicht ohne Einfluß auf die Magnetnadel bleiben.

Sie können aus der ganzen Zusammenstellung der verschiedenen Theorien sehen, daß der gegenwärtige Stand der Naturwissenschaften es durchaus noch nicht vermag, eine genügende Erklärung der magnetischen Erscheinungen zu geben. Soviel man sich auch bis jetzt bemüht hat, ist man doch über die Anfangsgründe nicht weggekommen. Man hat, wie z. B. bei den Störungen, oft eine bedeutende Wirkung, ohne einsehen zu können, woher sie kommt, während man andererseits oft glauben sollte, es müsse eine solche eintreten, während in der That die Nadel ganz ruhig bleibt. Bei dem nahen Zusammenhange von Elektricität und Magnetismus sollte man glauben, daß ein so mächtiger Vorgang in der ersteren, wie das Gewitter, einen bedeutenden Einfluß auf die Nadel ausüben müsse. Lamont beobachtet auf der Sternwarte zu Bogenhausen (bei München) in demselben Augenblicke, als auf dem Felde daneben der Blitz einschlug, und siehe da! die Nadel rührte sich nicht.

Man ist gegenwärtig nicht nur nicht im Stande, die magnetischen Erscheinungen genau zu erklären, es ist sogar nicht einmal eine Aussicht vorhanden, daß man bald dazu gelangen werde.

Einundzwanzigster Brief.

Das Polarlicht.

Die Gegenden jenseits des Polarkreises, des nördlichen sowohl als des südlichen, erfreuen sich einer Lichterscheinung, die von allen Augenzeugen als eines der prachtvollsten aller Naturphänomene gerühmt wird, das selbst bei uns, wenn auch

DAS NORDLICHT IN NORWEGEN.



selten, sich zeigt, hier aber die Schönheit, die es in seiner Heimath entwickelt, nicht mehr besitzt.

Man unterscheidet das auf unsrer Halbkugel heimische Nordlicht von dem Südlichte, das im Süden der Erde beobachtet wird, von ihm aber nur durch den Ort, nicht durch andere charakteristische Eigenschaften sich verschieden zeigt.

Im mittleren Deutschland und den südlicher davon gelegenen Gegenden zeigt sich das Nordlicht, und selbst dann nur in seltenen Fällen, in einer Beleuchtung des nördlichen Theiles des Himmelsgewölbes, das meist eine etwas röthliche Farbe besitzt, und daher schon öfters Veranlassung gab, daß man eine Feuersbrunst zu sehen glaubte. Die bedeutendsten in Deutschland beobachteten Nordlichter sind das vom 7. Jan. 1831 und das vom 18. Oct. 1836. Selten entsteht eine Bildung von Lichtstrahlen, die wie Raketen die Luft durchziehen. Prächtiger zeigt sich das Phänomen schon im Norden der deutschen Staaten. Da schöne Nordlichter bei uns zu den Raritäten gehören, finden Sie in Tafel IV. eine Abbildung eines Nordlichtes in Norwegen, welche Müller in seiner kosmischen Physik veröffentlicht hat.

Mögen Sie mir erlauben, im Nachstehenden die schöne Beschreibung zu wiederholen, welche Bessel von dem von ihm am 18. October 1836 zu Königsberg beobachteten Nordlichte, das auch in ganz Deutschland sichtbar war, gemacht hat.

„Bald nach dem Untergange der Sonne zeigte sich, westlich von Norden, eine Helligkeit des Himmels, welche man einem Nordlichte zuschreiben konnte, zumal, da ihre Mitte etwa in der Richtung des magnetischen Meridians lag, und da einige Tage vorher auch Nordlichter erschienen waren, denn die Nordlichter haben meistentheils ihren Mittelpunkt in dieser Richtung, und es ist nicht ungewöhnlich, daß sie sich in kurzer Zeit wiederholen. Das erste Nordlicht, welches ich in diesem Herbste gesehen habe, war am 11., ein zweites erschien am 12. October. Jenes gehörte zu den schönern, indem es häufige Strahlen über den Polarstern hinauftrieb; dieses erhob sich nur wenig über den Horizont und zeigte keine Strahlen. Das am 18. Octbr. erscheinende entwickelte sich so vollständig, daß es wenigstens für unsere Gegenden zu den sehr seltenen Erscheinungen gehört, und

an die schöne Beschreibung von Maupertuis erinnert, den die Nordlichterpracht in Tornea entzückte, als er sich, jetzt gerade vor 100 Jahren, daselbst befand, um eine denkwürdige Unternehmung*) rühmlich auszuführen.

Unser Nordlicht zeigte zunächst einen röthlichen Schimmer, welcher mehrere Theile des nördlichen Himmels bedeckte, aber wenig lebhaft und von kurzer Dauer war. Dann strömte die Gegend um seinen Mittelpunkt herum häufige Strahlen aus, welche, wie es bei Nordlichtern gewöhnlich ist, in wenigen Augenblicken entstanden, fast bis zum Scheitelpunkte aufschossen, wieder verschwanden und durch neue ersetzt wurden. Diese Strahlen sind geraden Kometenschweifen durchaus ähnlich; oft drängen sich so viele zusammen, daß sie an die geraden Bäume eines dichten Tannenwaldes erinnern; ihr Licht pflegt nicht so lebhaft zu sein, daß so heller Mondschein, als der des 18. Octobers war, die Schönheit ihres Anblickes und ihrer fortwährenden Aenderungen nicht beeinträchtigen sollte.

Bis hierher war die Erscheinung von der des 11. Octobers und von denen, die sich in diesen Gegenden zu gewissen Zeiten nicht selten zeigen, nicht wesentlich verschieden. Allein um 7¼ Uhr erschienen 2 Strahlen, welche sich sowohl durch ihre Lebhaftigkeit als auch durch die Himmelsgegenden, wo sie sich befanden auszeichneten. Beide entstanden an entgegengesetzten Punkten des Horizontes, der eine etwa 15 Grade nördlich von Osten, der andre eben so weit südlich von Westen. Sie schossen in Richtungen aufwärts, welche südlich von dem Scheitelpunkte vorbeigingen. Sie hatten die Helligkeit hoher, weißer, durch starkes Mondlicht erleuchteter Strichwolken. Man sah deutlich, daß die Ausströmung, welche sie erzeugte, kräftig unterhalten wurde, denn ihre Verlängerungen und Verkürzungen waren groß und schnell. Als diese Strahlen kaum entstanden waren, zeigte sich an dem nördlichen Rande jedes derselben ein Auswuchs; beide Auswüchse verlängerten sich, und näherten ihre Enden so, daß sie bald zusammenstießen und einen Bogen bildeten, welcher beide Strahlen mit einander verband, und dessen höchster Punkt etwa 30 Grade nördlich von dem Scheitelpunkte

*) Die bereits früher erwähnte Gradmessung.

lag. Dieser Bogen erschien so wie die Strahlen, von welchen er ausging, in lebhaftem weißen Lichte, und würde vermuthlich einen noch weit schöneren Anblick gewährt haben, wenn nicht der Mond seinen Glanz geschwächt hätte. Indessen blieb er nicht lange in seiner anfänglichen Lage; er bewegte sich dem Scheitelpunkte zu, ging dann über ihn hinaus auf die Südseite, und kam auf dieser bis zu einer Entfernung von 40—50 Graden, wo er sich nach und nach wieder verlor. Ehe dieses geschah, nahm er auf der Westseite eine unregelmäßige Krümmung an, und zeigte sich sehr auffallend schlangenförmig; auf der Ostseite blieb er bis zu seiner gänzlichen Auflösung regelmäßig gekrümmt.

Nach dem Verschwinden dieses Bogens zeigte das Nordlicht nur noch eine beträchtliche Helligkeit am nördlichen Himmel, welche trotz des Mondscheins oft bis zu der Höhe von 30 Graden wahrgenommen werden konnte. Hin und wieder schoß es einzelne bloße Strahlen aufwärts, welche jedoch mit keinen ungewöhnlichen Erscheinungen verbunden waren. Allein um 9½ Uhr wurde sein Ansehen prachtvoll; die Nordhälfte des Himmels bedeckte sich mit einer rothen Farbe, welche so satt wurde, daß sie nur mit der Farbe des Karmins verglichen werden kann; dabei war ihr Licht so stark, daß es trotz des Mondlichts sichtbaren Schatten verursachte. Diese Röthe des Himmels ging im Norden nicht bis zum Horizonte herab, sondern ein bogenförmiger Raum, dessen Scheitel etwa 30 Grad Höhe haben mochte, blieb ungefärbt.

Ueber diesem freien Raume sah der Himmel aus, als wäre er von einem Vorhange von einem hochrothen, durchsichtigen Stoffe bedeckt. Hinter dem Vorhange schossen blendend weiße Strahlen hervor, welche durch ihn hindurch schimmerten. Einige glänzende Sternschnuppen, welche sich an dem verhängten Theile des Himmels zeigten, vermehrten noch die Pracht und die Abwechslung der Scene.

Etwa nach einer Viertelstunde trennte sich der erste Vorhang, um den in der Richtung des magnetischen Nordens liegenden Theil des Himmels wieder in seiner gewöhnlichen Farbe erscheinen zu lassen. Der ungefärbte Raum vergrößerte sich nun nach beiden Seiten, und bald war keine rothe Farbe mehr, sondern nur noch eine Helligkeit am nördlichen Horizonte sichtbar.

Zum Schlusse führe ich noch an, daß nach Maupertuis die hochrothe Farbe des Himmels auch in Tornea so selten vorkommt, daß allerlei Aberglauben daran geknüpft wird, daß aber alle andern Färbungen häufig sind. Es scheint daher, daß unser Nordlicht selbst für höhere Breiten eine ungewöhnliche Erscheinung gewesen sein würde."

Ich will nun auf diese Beschreibung eines Nordlichtes mittlerer Breiten eine solche folgen lassen, welche Lottin von einem Polarlichte macht, das er im Winter von 1838 auf 1839 zu Bossekop im norwegischen Amte Finnmarken unter dem 70° n. Br. beobachtete.

„Des Abends zwischen 4 und 8 Uhr färbt sich der obere Theil des leichten Nebels, welcher fast beständig nach Norden hin in einer Höhe von 4—6° herrscht; dieser lichte Streifen nimmt allmälig die Gestalt eines Bogens von blaßgelber Farbe an, dessen Ränder verwaschen erscheinen und dessen Enden sich auf die Erde aufstützen."

Dieser Bogen steigt allmälig in die Höhe, während sein Gipfel stets nahe in der Richtung des magnetischen Meridians bleibt.

„Bald erscheinen schwärzliche Streifen, welche den lichten Bogen trennen, und so bilden sich Strahlen, welche sich bald rasch, bald langsam verlängern oder verkürzen." „Der untere Theil dieser Strahlen zeigt immer den lebhaftesten Glanz und bildet einen mehr oder weniger regelmäßigen Bogen. Die Länge der Strahlen ist sehr verschieden, sie convergiren aber nach einem Punkte des Himmels, welcher durch die Richtung des Südendes der Inclinationsnadel angedeutet ist. Manchmal verlängern sich die Strahlen bis zu diesem Punkte und bilden so ein Bruchstück eines ungeheuren Lichtgewölbes."

„Der Bogen fährt fort, gegen das Zenith hin zu steigen; in seinem Glanze zeigt sich eine undulatorische Bewegung, d. h. der Glanz der Strahlen wächst der Reihe nach von einem Fuße zum andern; diese Art Lichtstrom zeigt sich oft mehrmals hinter einander, aber häufiger von Westen nach Osten als in entgegengesetzter Richtung. Manchmal, aber selten, folgt die rückgängige Bewegung unmittelbar auf die erste, und wenn der Glanz der Reihe nach alle Strahlen von Westen nach Osten durchlaufen hat, nimmt seine Bewegung eine entgegengesetzte

Richtung an, und kehrt zu seinem Anfangspunkte zurück, ohne daß man eigentlich recht sagen kann, ob die Strahlen selbst eine horizontale Verrückung erleiden, oder ob sich der Glanz von Strahl zu Strahl fortpflanzt, ohne daß die Strahlen ihre Stelle verändern." „Der Bogen zeigt auch in horizontaler Richtung eine Bewegung, welche den Undulaionen oder Biegungen eines vom Winde bewegten Bandes oder einer Fahne nicht unähnlich ist. Manchmal verläßt einer der Füße oder selbst beide den Horizont; dann werden diese Biegungen zahlreicher und deutlicher; der Bogen erscheint nur als ein langes Strahlenband, welches sich entwickelt, sich in mehrere Theile trennt und graziöse Windungen bildet, welche sich fast selbst schließen und das bilden, was man wohl die Krone genannt hat. Alsdann ändert sich plötzlich die Lichtintensität der Strahlen, sie übertrifft die der Sterne erster Größe; die Strahlen schießen mit Schnelligkeit, die Biegungen bilden und entwickeln sich, wie die Windungen einer Schlange; nun färben sich die Strahlen, die Basis wird roth, die Mitte grün, der übrige Theil behält ein blaßgelbes Licht. Diese Farben behalten immer ihre gegenseitige Lage und haben eine bewundernswürdige Durchsichtigkeit. Das Roth nähert sich einem hellen Blutroth, das Grün einem blassen Smaragdgrün."

„Der Glanz nimmt ab, die Farben verschwinden, die ganze Erscheinung erlischt entweder plötzlich, oder sie wird nach und nach schwächer. Einzelne Stücke des Bogens erscheinen wieder, er bildet sich von Neuem, er setzt seine aufsteigende Bewegung fort, und nähert sich dem Zenith, die Strahlen erscheinen durch die Perspective immer kürzer, alsdann erreicht der Gipfel des Bogens das magnetische Zenith, einen Punkt, nach welchem die Südspitze der Inclinationsnadel hinweist. Nun sieht man die Strahlen von ihrem Fuße aus. Wenn sie sich in diesem Augenblicke färben, so zeigen sie ein breites rothes Band, durch welches hindurch man die grüne Färbung der oberen Theile erblickt."

„Unterdessen bilden sich neue Bogen am Horizonte, welche entweder Anfangs verschwommen erscheinen, oder durch lebhafte Strahlen gebildet sind. Sie folgen einander, indem alle fast dieselben Phasen durchlaufen und in bestimmten Zwischenräumen von einander bleiben; man hat deren bis zu 9 gezählt,

welche, auf die Erde gestützt, durch ihre Anordnung an die obern Coulissen unserer Theater erinnern, die auf die Seitencoulissen gestützt den Himmel der Theaterscene bilden. Manchmal werden die Zwischenräume kleiner, mehrere dieser Bogen drängen einander. So oft die Strahlen am hohen Himmel das magnetische Zenith überschritten haben, scheinen sie von Süden her nach diesem Punkte zu convergiren, und bilden alsdann mit den übrigen von Norden kommenden die eigentliche Krone. Die Erscheinung der Krone ist ohne Zweifel nur eine Wirkung der Perspective, und ein Beobachter, welcher in diesem Augenblicke weiter nach Süden hin sich befindet, wird sicherlich nur einen Bogen sehen können."

„Denkt man sich nun ein lebhaftes Schießen von Strahlen, welche beständig sowohl in Beziehung auf ihre Länge als auf ihren Glanz sich ändern, daß sie die herrlichsten rothen und grünen Farbentöne zeigen, daß eine wellenartige Bewegung stattfindet, daß Lichtströme einander folgen und endlich, daß das ganze Himmelsgewölbe eine ungeheure prächtige Lichtkuppel zu sein scheint, welche über einem mit Schnee bedeckten Boden ausgebreitet ist und einen blendenden Rahmen für das ruhige Meer bildet, welches dunkel ist wie ein Asphaltsee, so hat man eine unvollständige Vorstellung von diesem wunderbaren Schauspiele, auf dessen Beschreibung man verzichten muß."

„Die Krone dauert nur einige Minuten; sie bildet sich manchmal plötzlich, ohne daß man vorher einen Bogen wahrnahm. Selten sieht man zwei in einer Nacht, und viele Nordlichter zeigen keine Spur davon."

„Die Krone wird schwächer, das ganze Phänomen ist nun südlich vom Zenith, immer blassere Bogen bildend, welche in der Regel verschwinden, ehe sie den südlichen Horizont erreichen." Gewöhnlich beobachtet man dies Alles nur in der ersten Hälfte der Nacht; nachher scheint das Nordlicht seine Intensität verloren zu haben, die Strahlen scheinen verwaschen, sie bilden schwache, unbegrenzte Lichtschimmer, welche endlich kleinen Haufwolken ähnlich auf dem Himmel gruppirt sind. Allmälig erscheint die Morgenröthe, die Erscheinung wird immer schwächer und endlich ganz unsichtbar."

„Manchmal sieht man die Strahlen noch, wenn der Tag

schon angebrochen, wenn es schon so hell ist, daß man lesen kann; dann aber verschwinden sie schnell, oder sie werden vielmehr um so unbestimmter, je mehr die Helligkeit zunimmt, sie nehmen eine weißliche Farbe an, und vermischen sich so mit den Cirrostratus, daß man sie nicht mehr von diesen Wolken unterscheiden kann."

Vergleichen Sie die beiden vorstehenden Darstellungen, so werden Sie wohl kaum zweifeln, daß das Auftreten der Nordlichter im nördlicher gelegenen Bossekop ein großartigeres sein müsse, als in Königsberg, was schon aus dem Mangel der Krone an letzterem Orte hervorgeht. Auch der Umstand, daß alle Nordlichter, die in Europa erscheinen, in nördlicher Richtung wahrgenommen werden, weist darauf hin, daß wir in jener Gegend die Heimath des Phänomens suchen müssen. In der That wird die Erscheinung der Nordlichter prachtvoller, wenn man sich nach Nord begibt, doch gilt dieser Satz nicht unbedingt.

Als Capitain Parry bei seiner zweiten Entdeckungsreise sich auf der unterm 75sten Grade n. Br. in Amerika befindlichen Insel Melville aufhielt, beobachtete er alle Polarlichter in südlicher Richtung. Dasselbe war einige Zeit hindurch während seiner Rückreise der Fall; dann hatte das Licht keinen bestimmten Ort mehr, sondern erfüllte alle Himmelsgegenden, wobei jedoch die südliche noch am meisten bedacht war, und endlich als Parry unterm 60sten Grade war, sah er das Licht nördlich. Es ist klar, daß der berühmte Seefahrer die Nordlichtzone durchschnitten hat. Denselben Wechsel fand Robertson auf der Roß'schen Reise, während v. Wrangel auf seiner sibirischen Reise das Polarlicht stets in nördlicher Richtung wahrnahm.

Nach Zusammenstellung der Beobachtungen der verschiedensten Reisenden nimmt Munke an, daß einzelne Ausnahmen abgerechnet der Ort der nördlichen Polarlichter eine Zone sei, die etwa in 90° w. v. Gr. und 60° n. Br. anfängt, mit allmälig wachsender Breite durch die Baffinsbai, die Südspitze von Grönland, über Island und die nördlichen Theile von Spitzbergen bis etwa zum 40sten Grad östl. v. Gr. geht, dort ihren nördlichsten Punkt erreicht und dann mehr und mehr südlich rückend durch das sibirische Eismeer und oberhalb der Behringsstraße allmälig zu ihrem Ausgangspunkte zurückkehrt. Die

Nordlichtcurve geht in Amerika viel weiter südlich als bei uns, aus welchem Grunde auch dort die Nordlichter in viel niedrigern Breiten wahrgenommen werden, als in Europa. Nördlich von dieser Zone sieht man das Licht im Süden; ist man dagegen südlich, so sieht man es im Norden. Es kann übrigens hier nur von einer Regel gesprochen werden, die ziemlich viele Ausnahmen zuläßt. Von dem Bogen, der bei den Nordlichtern auftritt, glaubt Hansteen, daß er der Theil eines ganzen das Nordlicht bildenden Kreises sei, von dem die einzelnen Beobachter je nach ihrem Standpunkte verschiedene Bruchstücke wahrnehmen. Steht der Beobachter in dem Kreise selbst, so scheinen die Strahlen, indem sie aufwärts schießen, gegen das Zenith zu convergiren, und bilden so die Krone, durch deren Mitte man gewissermaaßen ins Freie sieht, weshalb diese Stelle in der Regel dunkel bleibt. Die Höhe zu bestimmen, in welcher dieser Bogen sich befindet, ist keine leichte Sache; sie wäre es, wenn mehrere Beobachter in verschiedenen Entfernungen von dem Kreise den Winkel bestimmen könnten, unter welchem die nach ihm gezogene Gesichtslinie den Horizont schneidet; weil man aber der Beweglichkeit des ganzen Phänomens wegen keinen Punkt ordentlich anvisiren kann, so läßt sich auch die Beobachtung nicht genau durchführen. Annähernde Bestimmungen sind jedoch vorhanden. Farqhuarson sah am 20. December 1829 Abends 8½ — 11 Uhr zu Alford in Aberdeenshire ein sehr glänzendes Nordlicht über einer dichten Wolkenmasse, welche die Spitzen der nördlich von seiner Wohnung gelegenen Correnhügel bedeckte. Obgleich der übrige Theil des Himmels heiter war, stieg das Nordlicht nie höher als 20°. Gleichzeitig sah der Prediger Paull zu Tullyneßle, welches 2 engl. Meilen nördlich von Alford liegt, das Nordlicht sehr hell in der Nähe des Zeniths glänzen. Dieses Licht kann höchstens 4000 Fuß hoch gewesen sein, sonst würde sein Ort den zwei einander so nahen Beobachtern nicht so verschieden erschienen sein. Die Anhaltspunkte, die noch bleiben, sind die größere oder geringere Ausdehnung des Bezirkes, in dem das Nordlicht wahrgenommen wird, und die Vergleichung mit in der Nähe befindlichen Wolken. Sie wissen, daß einer der Schlüsse, vermöge deren man auf die gekrümmte Gestalt der Erdoberfläche geführt wird, darauf beruht,

daß man höher gelegene Gegenstände von einer größeren Entfernung aus sieht, als niedrige. Von dem Schiffe, das auf dem Meere sich uns nähert, sehen wir zuerst die Spitzen der Maste, dann die Segel, endlich das Schiff selbst; je höher ein Berg ist, um so ausgedehnter wird die Aussicht sein, die man von seinem Gipfel aus genießt, um so größer muß auch der Bezirk sein, von dem aus der Gipfel gesehen werden kann, und je höher ein Nordlicht ist, in um so größerem Umkreise muß es gesehen werden können. Bestimmt man auf diese Weise die Höhe eines Nordlichtes, so gelangt man auf die verschiedensten Resultate; das eine Licht ist sehr hoch, das andere ist sehr niedrig. Manche Nordlichter erreichen eine Höhe von nur wenigen 1000 Fuß, denn sie werden nur in sehr enge begrenzten Gegenden beobachtet. Es sind Fälle bekannt, daß bei 2 nur 20 engl. Meilen von einander entfernten Orten an einem ein sehr helles Nordlicht wahrgenommen wurde, von dem man am andern gar nichts sah. Scoresby sagt von einem von ihm unter 65° n. Br. beobachteten Nordlichte, daß die Strahlen die Spitzen der Masten zu berühren schienen. Franklin beobachtete am 13. Febr. 1820, daß ein Nordlicht bis unter die Wolken herabreichte, jedenfalls die dem Beobachter zugewandte Seite der Wolken erhellte. Andere Nordlichter, deren Bogen in einem großen Theile von Europa gesehen werden, müssen dagegen eine sehr bedeutende Höhe besitzen, die bis zu 50 d. Meilen angegeben wird. Die Höhe der Polarlichter ist sicherlich sehr verschieden.

Die Helligkeit des Nordlichtbogens hat nach Richardson etwa die der Milchstraße, der ganze Effect wächst natürlich mit der Höhe, welche der Bogen erreicht, da, wenn ein großes Stück desselben über den Horizont steigt, sein Licht größer sein muß. Im Allgemeinen läßt sich annehmen, daß, wie Sie im Kosmos finden, die ganze Beleuchtung der des Mondes im ersten Viertel gleichkommt, die des Vollmondes dagegen nicht erreicht, denn dicke Wolken bringen das Nordlicht ganz zum Verschwinden, während der Unterschied, ob Vollmond sei oder Neumond, auch in der stärkstbewölkten Nacht wahrzunehmen ist. Auf dasselbe Resultat führt auch die Beobachtung der Sterne, von denen, wie Ihnen sicherlich aus der Erfahrung bekannt ist, immer

mehr verschwinden, je heller der Mond scheint. Wenn man hin und wieder die Lichtkraft des Nordlichtes der des Vollmondes gleich setzte, so mag dieses vorzugsweise daher rühren, daß der Mond das ganze Himmelsgewölbe erleuchtet, während sich das Nordlicht in der Regel nur in einzelnen Streifen darstellt, und zwischen diesen sehr dunkle Räume läßt, gegen welche dann die erhellten um so mehr abstehen. Daß das Nordlicht in den Polarländern Tageshelle verbreite und in den langen Winternächten jener Gegenden als theilweiser Ersatz der Sonne diene, gehört in's Reich der Fabeln.

Von sehr großer Bedeutung für die Theorie des Nordlichtes können dessen Beziehungen zu den Wolken werden, weshalb Herr v. Humboldt bereits im ersten Bande des Kosmos und wiederholt im vierten dasselbe besprochen hat.

Sie kennen die kleinen Wölkchen, die Schäfchen. Wenn Sie dieselben aufmerksam betrachten, so werden Sie finden, daß diese Wolkenform selten allein am Himmel vertreten ist, sondern daß zugleich mit ihnen bald mehr bald weniger Wolken vorkommen, welche nur als zarte Fäden sichtbar sind. Die Schäfchen sind in gewisser Beziehung Haufen solcher Fäden, die sich an einzelnen Stellen vereinigt haben. Aber auch die Fäden sind wieder als Aggregate zu betrachten, denn oft zeigt sich der Himmel in Beziehung auf seine Durchsichtigkeit und sein Ansehen verschieden von dem eigentlich heitern, ohne daß darum Wolken gesehen werden, es ist, als sei er wie mit einem Flor bedeckt. Dieses Aussehen rührt von einer großen Menge feiner Eisnadeln her, welche in großer Höhe verbreitet sind, ohne jedoch so dicht zu sein, daß das Sonnenlicht durch sie bedeutend geschwächt würde. Dieser Zustand des Himmels ist es, der zur Entstehung von Höfen, Nebensonnen und Nebenmonden erforderlich ist, der sich aber auch zur Hervorbringung glänzender Polarlichter besonders eignet. In welcher Weise der so gestaltete Himmel auf das Nordlicht wirke, ist nicht ausgemacht, Sie finden im Kosmos die Andeutung, daß darüber 2 verschiedene Meinungen bestehen. Thienemann und v. Wrangel glauben die Wirkung in dem Umstande zu finden, daß bei der Anwesenheit von dünnen Wolken und Eisnadeln etwas da ist, was die Nordlichtstrahlen beleuchten können, was durch Reflexion

der Lichtstrahlen den größeren Effect hervorbringt, wie die Wirkung der mit Kalk getünchten Wand eines Zimmers dasselbe heller macht, blos darum, daß sie mehr von den auf sie fallenden Lichtstrahlen zurückwirft, als eine schwarze Wand, ohne daß sie darum auf die Intensität der Lichtquelle einen Einfluß ausübte, denn eine Kerze sendet in dem Zimmer mit dunkeln Wänden nicht weniger Licht aus, als im weißgetünchten. Für diese Ansicht spricht der Umstand, daß die mit Schäfchen und andern feinen Wolken versehenen Stellen des Himmels stärker leuchten und daß diese hellen Flecke mit den Wolken ihren Platz verlassen. Andere Beobachter, worunter Herr v. Humboldt, halten die Wolken für eine Mitbedingung der Entstehung des Nordlichtes und schließen dieses daraus, daß dieselben schon am Tage sich in einer Weise anordnen, welche die bei Nacht erscheinenden Strahlen gewissermaaßen abzeichnet. Eine hiefür sehr bezeichnende Beobachtung hat bei Gelegenheit des Nordlichtes vom 28. December 1820 Richardson zu Fort Enterprise im nördlichen Amerika gemacht.

„Bis 11 Uhr 30 Minuten (vor Mitternacht), sagt er, war der Himmel völlig klar und alle Sterne schienen hell, dann aber wurde er von denjenigen Wolken überzogen, welche die Schiffer „silberweiß und blau gestreift" nennen, vermischt mit kleinen Theilen der sogenannten Pferdeschweife (Federwolken), beide am übrigens blauen Himmel zerstreut. Beide Wolkenarten waren nicht dick genug, um die größeren Sterne gänzlich zu verbergen, verbreiteten sich aber in weniger als 15 Minuten über den ganzen Himmel. Bei aufmerksamer Beobachtung sah man, daß die erstere Klasse von Wolken von ihren runderen Theilen Streifen quer durch die blauen Zwischenräume nach den gleichartigen Wolken sendeten, um sich mit ihnen zu vereinigen. In dem Augenblicke der Verbindung wurde ein gelbes, in's Röthliche spielendes Licht in der Mitte der Wolken frei, welches mit veränderter Helligkeit sich bis zu den Rändern verbreitete; kaum aber konnte diese Beobachtung aufgezeichnet werden, als ein Lichtbogen durch das Zenith gehend und mit beiden Schenkeln in O. und W. 50° vom Horizont entfernt gesehen wurde."

Dieser Beobachtung Richardson's liegt nun wohl der

Gedanke nahe, daß ähnliche Vorgänge in den Wolken zu der Entstehung der Nordlichter Veranlassung geben. Derselbe läßt sich aber nicht als Gewißheit angeben, solange man nicht ein wirkliches mit allen Attributen versehenes Nordlicht auf diese Art hat entstehen sehen. Würde dieses geschehen, so wäre es denkbar, daß man das Auftreten des Nordlichtes aus der Wolkenbildung ableiten und bei dem unleugbaren Zusammenhang desselben mit dem Magnetismus, auch diesem etwas auf die Spur kommen könnte; doch ist hiezu vorerst keine Aussicht.

Daß zwischen dem Nordlichte und dem Erdmagnetismus innige Wechselbeziehungen stattfinden, ist sicher. Sowie ein Nordlicht am Himmel steht, wird die Magnetnadel unruhig, und dieses erstreckt sich nicht nur auf jene Gegenden, wo das Nordlicht sichtbar ist, sondern zeigt sich als Störung weit über dessen Schauplatz.

Hansteen beschreibt den Einfluß der Nordlichter auf die Magnetnadel in folgender Weise: „Ist das Nordlicht lebhaft, so wird die Abweichungsnadel unruhig; sie weicht in Zeit von wenigen Minuten um 3, 4 ja um 5 Grade von ihrer gewöhnlichen Stellung ab und hat zuweilen eine sehr veränderliche Bewegung, zum Beweise, daß in dieser Zeit die Magnetkräfte der Erde in großer Unruhe sind. Kurz vor dem Erscheinen des Nordlichts kann die Intensität des Erdmagnetismus bis zu einer ungemeinen Höhe steigen; sobald aber das Nordlicht beginnt, nimmt die Intensität des Erdmagnetismus in demselben Verhältniß ab, in welchem das Nordlicht lebhafter wird, indem er seine frühere Stärke nur successiv, oft erst nach Verlauf von 24 Stunden, wieder erhält. — Die Nordlichter scheinen demnach eine Lichtentwicklung zu sein, welche die Entladung des ungewöhnlich stark angehäuften Erdmagnetismus begleitet."

Verfolgt man den Gang der Luftelektricität während eines Gewitters, so zeigt sich ein sehr bedeutendes Schwanken derselben, das mit der Zahl der Blitze zunimmt, sie erreicht unmittelbar vor einem Blitze oft einen sehr hohen Grad, und das Nordlicht hat mithin eine ganz analoge Wirkung auf den Magnetismus als das Gewitter auf die Elektricität. Deshalb hat Herr v. Humboldt das Erstere so passend ein magnetisches Gewitter genannt.

Die Richtung der Strahlen des Nordlichtes sind der Richtung der nach allen Richtungen frei beweglichen Nadel parallel, die Krone befindet sich daher stets im magnetischen Zenithe eines Ortes, d. h. da, wo das obere Ende der Inclinationsnadel bei deren gehöriger Verlängerung den Himmel treffen würde. Die höchste Stelle des Nordlichtbogens ist, wenn auch nicht ganz genau, doch stets in der Nähe des magnetischen Meridians.

Was das Nordlicht auf unserer Halbkugel, das ist das Südlicht auf der jenseitigen. Die südlichen Polarländer sind völlig unbewohnbar, und Schiffe kommen fast nur bei Gelegenheit von wissenschaftlichen Expeditionen, die eigentlich doch nicht sehr häufig sind, in jene Gegenden. Die natürliche Folge davon ist, daß im Ganzen nur sehr wenig Südlichter gesehen werden. Merkwürdig ist, daß zu derselben Zeit, von welcher Cook von Südlichtern berichtet, im Norden der Erde Nordlichter wahrgenommen wurden, und es ist gar nicht undenkbar, daß jedem Nordlichte auch ein Südlicht entspricht, wie ein Magnetpol dem andern; doch läßt sich dieser Satz nicht beweisen.

Index.

Abplattung der Erde 82.
Aequator 16.
" dessen Ebene 16.
" dynamischer 172.
" magnetischer 174.
Aether 5.
Are 27.
Astronomie, Aufgabe der, 3.
Atome 3.
Axe der Erde 15.
Bodeneis 120.
Breite, geographische, 18.
Brunnen, artesische, 134.
Centime 27.
Centimeter 27.
Centralwärme 123, 131.
Chronometer 67.
Coërcitivkraft 137.
Contactwirkung 9.
Continent 86.
Decime 27.
Decimeter 27.
Diamagnetismus 159.
Dichtigkeit 95.
Drehwage 165.
Elektricität 145.
" Glas-, 145.
" Harz-, 145.
Elektricitätsleiter 147.
Element, galvanisches, 155.
Elle 24.
Epoche 42.
Erdgestalt 18.
" geometrische, 85.
" physische, 85.
Festland 86.
Folgepunkte 141, 158.
Franc 27.
Fuß 27.
Galvanismus 151.
Galvanometer 158.
Gnomon 48.
Grad 14.
Gramme 27.
Größe, scheinbare, 22.
" wahre, 23.
Halbkugel 16.
Hectometer 27.
Höhe, absolute, 89.
" relative, 89.
Horizont 59.
Horizontalintensität des Magnetismus 170.
Jahr 36.
" bewegliches, 42.
" gebundenes, 39.
Inclinatorium 175.
Inductionsströme 161.
Insel 86.
Intensitätseinheit des Magnetismus 168.
Isochimenen 114.

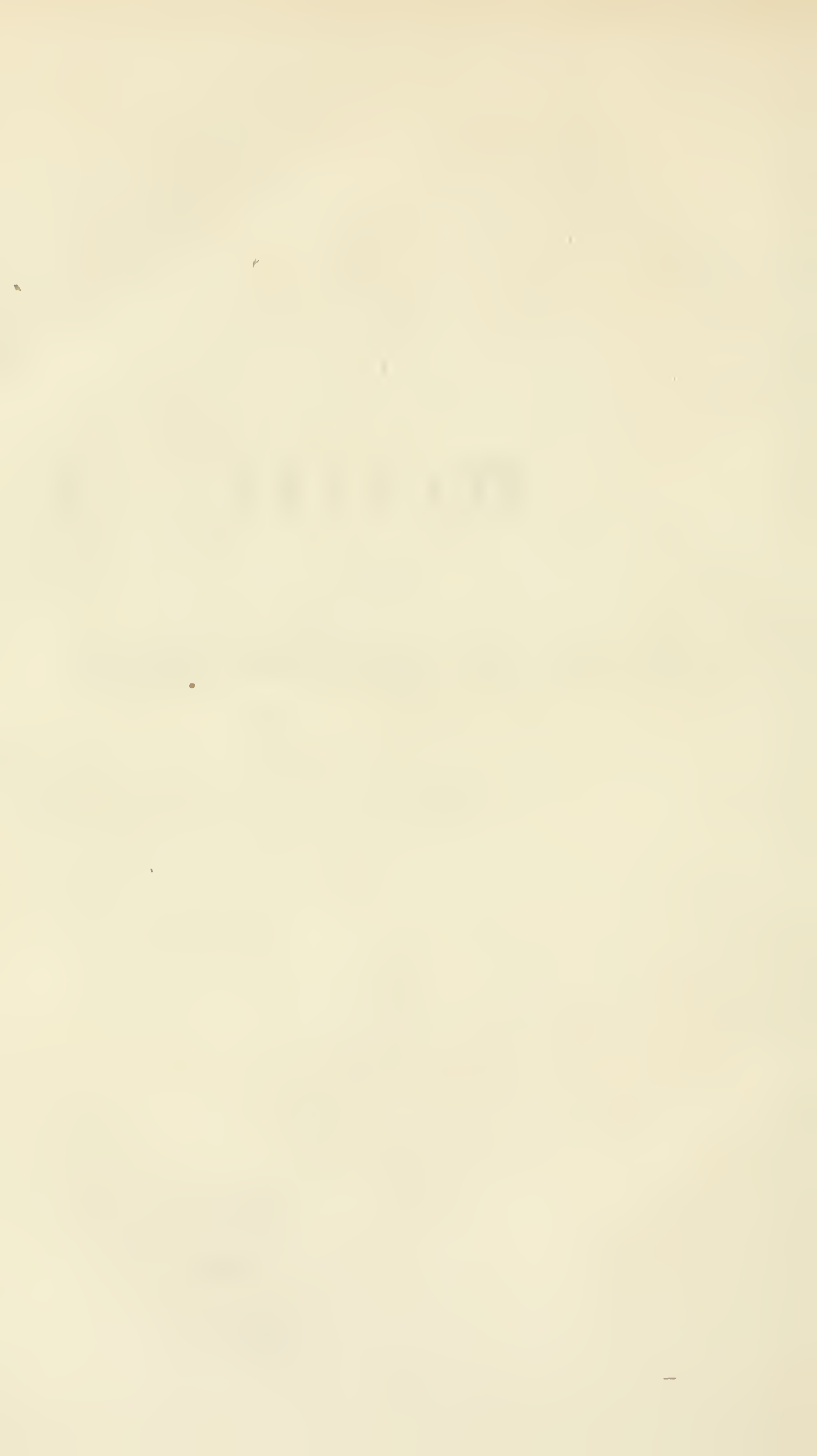
Isoklinen 178.
Isodynamen 171.
Isogonen 185.
Isotheren 114.
Isothermen 114.
Kalender 46.
= der Franzosen 42.
= = Griechen 39.
= = Hebräer 37.
= = Juden 42.
= = Römer 39.
= = Türken 42.
= gregorianischer, 41.
= julianischer, 40.
Kette, galvanische, 155.
Kilometer 27.
Klafter 24.
Klepsydra 50.
Kreis, größter, 12.
Länge, geographische, 17.
Leiter der Elektricität 147.
= = Wärme 117.
Licht 5.
Liter 27.
Meile 24.
= deutsche, 32.
= englische, 32.
= See=, 32.
Meridian 17.
= erster, 19.
= magnetischer, 142, 179.
Meter 27.
Millimeter 27.
Minute, Bogen=, 14, 63.
= Zeit=, 48, 63.
Mire 182.
Mittag 16.
Mittagskreis 17.
Mittelpunkt der Anziehung 98.
Mitternacht 16.
Molecularwirkungen 9.
Monat 36.
Myriameter 27.
Nonius 31.
Parallelkreis 18.
Paramagnetismus 159.
Pendel, Compensations=, 53.
Physik, Aufgabe der, 6.
Pole 15.
= magnetische, 138, 174.
Polhöhe 60.
Rotationsmagnetismus 162.
Scheitel des Winkels 14.
Schenkel = = 14.
Schichte, invariable, 117.
Schwere 3.
Secunde, Bogen=, 14, 63.
= Zeit=, 48. 63.
Spannung, elektrische, 151.
Stere 27.
Strom, elektrischer, 155.
Stunde 47.
= See=, 32.
Tag 35.
Tertie 48.
Therme 135.
Thermometer 26.
Toise 25.
Totalintensität des Magnetismus 170.
Torsion 142.
Torsionswage 165
Trägheitsmoment 166.
Uhr 48.
Untiefe 84.
Vernier 31.
Verticalintensität des Magnetismus 170.
Vulcane 135.
Warmquellen 135.
Wärmeleiter 117.
Winkel 14.
Woche 35.
Zoll 24.
Zahl, goldene.

Druck von J. B. Hirschfeld in Leipzig.

Briefe

über

Alexander von Humboldt's Kosmos.



Briefe

über

Alexander von Humboldt's Kosmos.

Ein

Commentar zu diesem Werke für gebildete Laien.

Herausgegeben

von

B. v. Cotta, Professor in Freiberg, **J. Schaller**, Professor in Halle, **W. C. Wittwer**, Privatdocent in München, und **H. Girard**, Professor in Halle.

Mit zahlreichen Holzschnitten, Karten und lithographischen Abbildungen.

Vierter Theil.

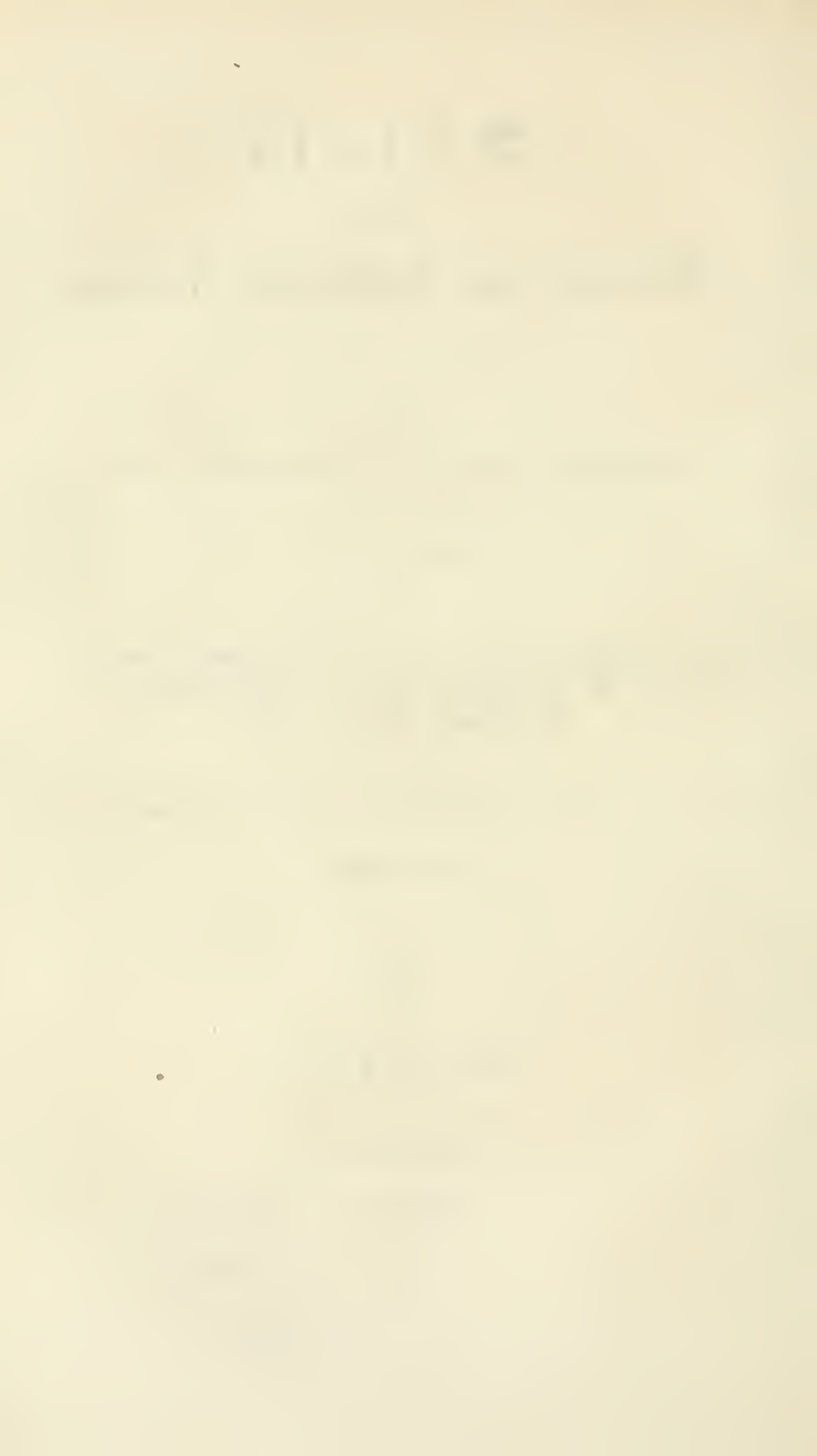
Zweite Abtheilung.

Bearbeitet

von

Heinrich Girard,
Professor.

Leipzig,
T. O. Weigel.
1860.



Inhalt.

		Seite
	Vorrede	VII – VIII
1. Brief.	Einleitung	1— 4
2. Brief.	Erdbebenbewegung, Stärke und Art	4— 15
3. Brief.	Erdbebenbewegung, Richtung und Getöse . . .	15— 25
4. Brief.	Erdbebenbewegung, Geschwindigkeit und Dauer .	25— 35
5. Brief.	Erdbebenbewegung, Fortpflanzungsweise	35— 46
6. Brief.	Erdbebenbewegung, Ausbreitungs-Region . . .	46— 57
7. Brief.	Antheil der Atmosphäre an den Erdbeben . . .	57— 67
8. Brief.	Antheil der Gestirne, der Elektricität und des Magnetismus an den Erdbeben, Beunruhigung von Thieren und Menschen	67— 77
9. Brief.	Veränderungen der Erdoberfläche durch Erdbeben	77— 92
10. Brief.	Hebungen ohne sichtbaren Antheil der Erdbeben .	92—108
11. Brief.	Senkungen ohne sichtbaren Antheil der Erdbeben .	108—114
12. Brief.	Das Erdbeben von Calabrien vom Jahre 1783 .	114—129
13. Brief.	Das Erdbeben von Lissabon vom Jahre 1755 . .	129 142
14. Brief.	Ursachen der Erdbeben	142—148
15. Brief.	Theorie der Quellen-Bildung	148—165
16. Brief.	Temperatur der Quellen im Allgemeinen . . .	165—180
17. Brief.	Thermen oder warme Quellen insbesondere . . .	180—192
18. Brief.	Bestandtheile und Vorkommen der Mineral-Quellen	192—200
19. Brief.	Gas-Quellen und Salsen	200—214
20. Brief.	Zusammenhang der Erdbeben und Vulkane . .	214—221
21. Brief.	Bildung neuer Inseln im Meere	221—231
22. Brief.	Bildung neuer Berge auf dem Lande	231—246
23. Brief.	Theorie der Erhebungs-Kratere	246—259
24. Brief.	Gestalt und Größe der Vulkane	259 – 269

		Seite
25. Brief.	Zeichen der Thätigkeit der Vulkane	269–281
26. Brief.	Zeichen der Thätigkeit der Vulkane. (Fortsetzung)	281–292
27. Brief.	Beschaffenheit der Laven und Aschen	292–306
28. Brief.	Beschaffenheit der Laven und Aschen. (Fortsetzung)	306–321
29. Brief.	Ausbruch des Vesuv vom Jahre 1794	321–329
30. Brief.	Erlöschende und erloschene Vulkane	329–340
31. Brief.	Erlöschende und erloschene Vulkane. (Fortsetzung)	340–354
32. Brief.	Europäische Vulkane	354–369
33. Brief.	Vulkane des Atlantischen Oceans. Island . . .	369–380
34. Brief.	Vulkane des Atlantischen Oceans. Die Canaren .	380–393
35. Brief.	Vulkane von Kamtschatka	393–406
36. Brief.	Ursachen der vulkanischen Thätigkeit	406–415

Vorrede.

Einer Aufforderung des Herrn Verlegers und meines verehrten Freundes B. v. Cotta folgend, lasse ich die nachstehenden Briefe zur Erläuterung des zweiten Theils des vierten Kosmos-Bandes erscheinen. Sie sind von demselben Gesichtspunkte aus gearbeitet, welchen der Verfasser des Kosmos im Auge hatte, indem sie demjenigen, welcher näher in die Kenntniß des großen und wichtigen Gebietes vulkanischer Erscheinungen eindringen will, einen leicht verständlichen Anhalt und einen erweiterten Anschauungskreis zu bieten bestimmt sind. Daß hierbei vornehmlich auf die Mittheilung sicher beobachteter Thatsachen Bedacht genommen wurde, erscheint wohl natürlich, und eben so, daß theoretische Speculationen nur in so weit berücksichtigt worden sind, als sie auf diesem schwierigen Felde leichter verständlich zu machen waren. Wiederholungen, dem Kosmos selbst und den Briefen zum ersten Bande gegenüber, waren nicht ganz zu vermeiden, besonders bei der Darstellung der Thermen und Mineral-Quellen, so wie bei der Schilderung speciell vulkanischer Vorgänge, doch werden sie hoffentlich nicht störend berühren. Die Erscheinungen, welche die Erdbeben begleiten, mußten ausführlich behandelt werden, da ihrer in den

früheren Briefen nur gedacht, und auf diese späteren Erläuterungen verwiesen worden ist. Ueberall sind die Quellen angedeutet worden, aus welchen noch ausführlichere Nachweise für denjenigen zu schöpfen sind, der sich getrieben fühlt die Gegenstände weiter ins Einzelne zu verfolgen. Möchten diese Briefe recht vielen ihrer Leser einen Anlaß dazu geben, das ist der lebhafte Wunsch, welchen der Verfasser ihnen mit auf den Weg giebt.

Halle, im Februar 1860.

H. Girard.

Erster Brief.

Einleitung.

Die bewegenden und belebenden Kräfte, welche ihr Wirken und Treiben in der Natur rings um uns her offenbaren, scheinen dem beobachtenden Auge des Menschen zunächst ausschließlich aus den himmlischen Höhen zu stammen, in deren unermeßliche Ferne das suchende Auge sich so gern vertieft. Aus ihnen wehen die frischesten Lüfte zu uns herab, aus ihnen stammt der befruchtende Regen, aus ihnen strahlt das belebende Licht, die erquickende Wärme; in ihnen brausen aber auch die verheerenden Stürme daher, in ihnen sammeln sich die verdunkelnden Wolken, aus deren Schooß Alles verheerende Wasserströme und zündende Blitze auf uns hernieder fahren — und daher gewöhnt sich der Mensch die Bedingungen seines Daseins und der ganzen ihn umgebenden belebten Natur von jenen Kräften und Stoffen abhängig zu denken, welche in der Hülle unseres Planeten verbreitet sind, indessen er den starren Boden unter sich als eine unbelebte Masse ansieht, die erst durch jener Segen bringende Befruchtung zur Mitwirkung für die Entwickelung des Lebens kommen kann.

Wenn aber nun einmal die todte, sonst für unthätig und auch unbeweglich angesehene Masse des Bodens, den der Mensch mit Füßen tritt, sich dennoch in Bewegung setzt, wenn das, worauf der Mensch mit Sicherheit, als auf das Festeste, zu bauen sich gewöhnt hat, doch unter seinen Füßen schwankt, wenn unbekannte Schlünde sich eröffnen und Feuerströme sich

um ihn verbreiten, wenn das Licht der Sonne erlischt in erstickendem Staube und tödtende Dämpfe dem Erdboden entströmen — dann ergreift ein Gefühl betäubenden Entsetzens das Geschlecht und mit Zittern entdeckt es, daß außer jenen himmlischen Gewalten über ihm, auch noch furchtbare Mächte unter seinen Füßen wohnen, von denen es bis dahin nichts geahnt.

Doch selbst bei solchen schrecklichen Ereignissen fühlt sich des Menschen Geist getrieben mit aufmerksamem Blicke dem Gange der Erscheinungen zu folgen, nach ihrer Regelmäßigkeit zu forschen und so sich die Gesetze zu entwickeln, an welche ihr Verlauf gebunden ist. Oft ist es freilich nur das Wann und Wo, das sich mit einiger Sicherheit ergründen läßt, nur selten können wir dem Wie uns nähern, wo aber die Beobachtung nicht weiter dringen kann, da öffnet für eine vorsichtig aufgebaute Hypothese sich das Feld.

Lassen Sie uns versuchen an der Hand des großen Naturforschers, dessen Darstellung des Kosmos wir in diesen Briefen mit einer erläuternden Umschau begleiten wollen, auf einem Lieblingsfelde seiner Thätigkeit, die Aufschlüsse zu verfolgen, welche sich über das Walten der Kräfte haben gewinnen lassen, deren Thätigkeit aus dem Innern unserer Erdrinde herzustammen scheint, und deren Wirken, sei es wohlthätig, sei es scheinbar verderblich, nur hin und wieder unserm Auge sich bemerkbar macht.

So isolirt diese Erscheinungen nun auch zu stehen scheinen, so sind sie doch auf das Innigste mit den überall thätigen, unbeschränkt wirksamen Kräften der Natur verbunden, und dieselben Ursachen der Wärme und der Feuchtigkeit, welche unsern Erdball für belebte Wesen erst bewohnbar machen, äußern auch ihre Thätigkeit in den Erscheinungen der Erdbeben, heißen Quellen und Vulkane. Je tiefer wir in die Gesetze des Mechanismus der Natur einzudringen vermögen, um so deutlicher lernen wir erkennen, daß nur eine sehr kleine Zahl von Grundkräften wirksam ist, welche die ganze Mannigfaltigkeit der Erscheinungen hervorgerufen hat.

Wenn aber ein Verständniß der Gesammtheit der Erscheinungen auf einem beschränkteren Gebiete der Naturthätigkeit nur möglich ist, indem wir uns in das Detail der Vorgänge

vertiefen, so hat unser großer Führer dem Glauben gelebt, daß es jedem Gebildeten wohl möglich sei, bei einiger Aufmerksamkeit und Theilnahme, auch auf diesen Feldern, selbst in das Einzelne natürlicher Erscheinungen, sich zu versenken. Nur in dieser Ueberzeugung, die wir wohl völlig theilen, hat er die letzten Bände seines Kosmos erscheinen lassen, und wir wollen uns daher im Folgenden bestreben, da wir gewillt sind ihn auf seinem Wege zu begleiten, auch das Ziel, das er sich selbst gesetzt, mit zu erreichen.

Freilich muß ich dann für diesen Zweck die Aufmerksamkeit des Lesers mitunter etwas schärfer anspannen, und oft seiner Geduld es zumuthen, Darstellungen ähnlicher Vorgänge nach einander durchzulesen. Wo es sich aber darum handelt, einen Einblick in die Art zu geben, in welcher die Naturforschung zu forschen hat, um zu bestimmten Resultaten zu gelangen, da muß der Leser denn auch einen kleinen Antheil an der Mühseligkeit der Arbeit übernehmen, durch welche man allein dazu gelangt, das Wichtige von dem Unwichtigen, das Regelmäßige von dem Zufälligen zu unterscheiden. Ich muß dieses um so mehr mit einiger Ausführlichkeit betreiben, als in den Briefen zu dem ersten Bande des Kosmos über eines der wichtigsten Kapitel unserer Betrachtungen, über die Erdbeben, gar nichts gesagt, dagegen auf die späteren Erläuterungen hingewiesen ist. Wenn diese detaillirteren Betrachtungen und Schilderungen der Naturvorgänge dann etwas ernster klingen werden, als eine leichte Darstellung zum allgemeinen Ueberblick, so werden sie dagegen auch eine bestimmtere Einsicht gewähren, einmal in das Feld der Thatsachen, welche bisher bekannt geworden sind, sodann in die Art der Sichtung und Beurtheilung, der wir die rohen Facta unterwerfen müssen, und endlich in die Weise der Methode, durch welche wir aus der Betrachtung der Erscheinungen uns höhere Gesetze abzuleiten suchen.

Die Schwierigkeiten, welche gerade auf den jetzt zu besprechenden Gebieten sich der Gewinnung sicherer Resultate noch entgegenstellen, sind sehr groß, allein sie reizen desto mehr zur Ueberwindung. Nur selten sind wir in der Lage, die Wirkung der hier auftretenden Kräfte durch Messung in eine uns bequeme und präcise Form bringen zu können, nur selten können wir

die Eigenthümlichkeit der thätigen Gewalten rein erkennen, wir sind vor Allem darauf hingewiesen, durch ein sorgfältiges Abwägen das Wesentliche vom Unwesentlichen erst zu sondern, und darauf die Wirkungen nach wohlerwogenem Gutdünken abzuschätzen. Und haben wir einen Grund glaubwürdiger Thatsachen gewonnen, dann dürfen wir uns nur erlauben, die nächsten Folgerungen aus denselben herzuleiten; denn lassen wir der Phantasie die Zügel schießen, so fliegen wir mit ihr in Räume fort, in welche wahre Wissenschaft sich nie verlieren soll. Allein auch hier zeigt unser großer Weiser uns den Weg, und unter seiner Leitung darf ich hoffen, daß wir doch auch durch unsere Betrachtungen zu einiger Befriedigung gelangen werden.

Zweiter Brief.

Erdbebenbewegung, Stärke und Art.

Wo hätte die Erde nicht schon einmal gebebt? Wenige Orte wird es geben, welche von dieser Art von Erscheinungen nicht in historischer Zeit einmal berührt worden sind. Und doch ist bei den meisten Menschen eine große Unkenntniß des Phänomens an sich vorhanden. Theils rührt das wohl daher, daß manche Gegenden nur selten von Erschütterungen berührt werden, theils daher, daß sehr viele von den letzteren so schwach sind, daß die meisten Menschen sie unbemerkt vorübergehen lassen. Nicht selten sind die schwachen Erdbeben nur in den oberen Stockwerken von Gebäuden merklich geworden, auf platter Erde gar nicht. Auch ist ein Unterschied gegen Erschütterungen anderen Ursprungs gar nicht anzugeben, so daß wir denn auch genöthigt sind eine nähere Definition der Erdbeben nur negativ zu geben, indem wir sagen: Erdbeben sind sichtbare oder fühlbare Bewegungen und Erschütterungen der Erdoberfläche, deren Ursache unserer sinnlichen Wahrnehmung entzogen bleibt.

Alle Erschütterungen, deren Ursache wir direct zu erkennen

vermögen, schließen wir von den Erdbeben aus. In Gebirgen, welche von tiefen und steilen Thälern durchschnitten werden, wie z. B. in den Alpen, ereignen sich von Zeit zu Zeit Bergstürze, durch welche mächtige Massen von Gestein plötzlich zusammenbrechen und auf tiefere Stellen hinabstürzen. Natürlicher Weise wird dabei der Boden weit umher erschüttert, aber solche Erschütterungen nennen wir nicht Erdbeben. Ebensowenig diejenigen Stöße oder Bewegungen, welche das Einstürzen von Höhlen, der Druck heftiger Stürme oder die Schläge mächtiger Gewitter hervorbringen. Nur solche Erschütterungen, für die wir an unserer Erdoberfläche keine Ursachen nachzuweisen wissen, deren Ursprung wir daher in eine von Innen nach Außen wirkende Kraft setzen müssen, nur diese rechnen wir den Erdbeben zu.

Die Stärke, mit der diese Kraft sich äußert, ist freilich sehr verschieden. Es wurde schon vorhin erwähnt, daß in gar vielen Fällen die Bewegungen nur schwach und schnell vorübergehend sind, in andern steigern sie sich freilich bis zu einer Stärke über alles Maaß, so daß wir Körper von den größten Dimensionen im wahren Sinne des Wortes emporgeschleudert sehen. Mögen ein Paar Anführungen Beispiele der verschiedenen Grade der Bewegung geben.

Eine der schwächsten Erderschütterungen, die je wahrgenommen worden sind, hat man in Paris am 13. Febr. 1822 auf der magnetischen Station der dortigen Sternwarte beobachtet. Es war an diesem Tage eine heftigere Erschütterung in Savoyen und in der südwestlichen Schweiz verspürt worden, aus dem südöstlichen Frankreich hat man indessen keine Meldungen. Ueber Paris berichtet Arago: Um 8 Uhr Morgens (wahrer Zeit) erschien die in dem großen Saale der Pariser Sternwarte befindliche (an einem Faden aufgehängte) Magnetnadel, selbst unter dem Vergrößerungsglase, vollkommen ruhig; um 8¼ Uhr hatte sich ihr Nordpol um einige Secunden dem Erdmeridiane genähert; um 8½ Uhr war die Nadel immer noch sehr ruhig. Die Bewegung des Nordpols gegen den Meridian hat aufgehört und die Nadel befindet sich im Minimum ihrer Abweichung; um 8¾ Uhr kommt die Nadel in starke Bewegung, die Bewegungen sind so groß, daß man sie auch ohne Vergrößerungsglas vollkommen deutlich wahrnimmt, die Oscillationen der

Nadel finden bloß in der Richtung der Länge Statt, nur ein Erdbeben kann eine Bewegung dieser Art veranlassen, und dazu muß dieses seine Richtung genau im magnetischen Meridiane haben*), d. h. in einer Linie, die mit dem Erdmeridian einen Winkel von 22¼ Grad macht. Um 9 Uhr ist die Nadel wieder ruhig, die Spitze ist nur um 6 Secunden gegen West zurückgegangen; um 9¼ Uhr dieselben Umstände, der Gang von 9 Uhr an beträgt ebenfalls nur 6 Secunden; um 9½ Uhr ist die Nadel ruhig. Die Bewegung gegen Westen schreitet wie gewöhnlich allmälig fort, ohne Erschütterung. Elektrische Erscheinungen besondrer Art sind während dieser Zeit nicht vorgekommen. Der Gang der Sternenuhr des Observatoriums ist durch das Erdbeben nicht verändert worden.

Eines der heftigsten Erdbeben dagegen war das, welches am 7. Juni 1692 die Insel Jamaica verwüstete und ihre Hauptstadt Port-Royal zerstörte. Kein Theil der großen Insel blieb davon verschont und überall wurde die Gegend ganz verändert. Bei diesem Erdbeben wurde ein Einwohner Louis Gelday von der Erde verschlungen, bei einem späteren Stoße aber lebend wieder ausgeworfen und in's Meer geschleudert, wo er zu einem Fahrzeuge hinschwamm das ihn aufnahm. Er lebte nach der Zeit noch 40 Jahre, wie das sein Grabstein heute noch bezeugt, der in der Hauptkirche von Port-Royal (jetzt Kingston) zu finden ist.

Wenn gleich so heftige Zertrümmerungen, zu unserm Heile, doch nur selten vorzukommen pflegen, so muß man doch zugeben, daß Erdbeben im Allgemeinen nicht zu den ungewöhnlichen Erscheinungen in der Thätigkeit unseres Erdkörpers gehören. Zwar wird das nördliche Europa nicht gerade häufig von ihnen heimgesucht, aber in den Umgebungen des Mittelländischen Meeres und in manchen anderen Küstengegenden, besonders in den vulkanischen Distrieten, gehören schwächere Erdbeben zu den gewöhnlichen Erscheinungen des alltäglichen Lebens. Die Verzeichnisse, welche man in neuerer Zeit von den bekannt gewordenen Erdbeben entworfen hat, geben eine so große Zahl der-

*) Oder die Unterbauten an der Sternwarte haben die Richtung seines Stoßes so verändert, daß sie im Meridian zu liegen scheint.

selben an, daß man, in Betracht der ausgedehnten Landstriche, über die wir keine Nachrichten erhalten, sowie des unzugänglichen Meeresbodens und der Gegenden, in welchen Erdbeben so häufig sind, daß es Niemandem einfällt, ihre gewöhnlichen Vorkommnisse zu verzeichnen, wohl sagen darf: es wird unzweifelhaft kein Tag, vielleicht nicht eine Stunde vergehen, in welcher die Erdrinde nicht an irgend einer Stelle erschüttert worden ist.

Für uns, die wir in den verhältnißmäßig äußerst ruhigen Bezirken leben, hat die Gesammtheit der hierher gehörigen Erscheinungen mehr das Interesse des Schrecklichen und Wunderbaren, welches unsere Theilnahme für diejenigen erregt, welche den Einwirkungen jener unterirdischen Gewalten mehr als wir hingegeben sind; für die Bewohner solcher gefährdeten Gegenden aber knüpft sich noch der besondere Wunsch an jede Kenntniß auf diesem Gebiete, daß man doch dazu kommen mögte, Wahrzeichen und Schutzmittel aufzufinden, welche das bedrohte Geschlecht in Etwas schirmen könnten.

Und obgleich wir eingestehen müssen, daß uns bisher nur wenig Sicheres über Zusammenhang und Ursachen der Erdbeben bekannt geworden, so ist das Studium der Natur doch nie ein undankbares, und einige Fingerzeige, welche wir beachten, einige Schutzmittel, deren wir uns bedienen können, finden wir doch auch jenen unterirdischen Mächten gegenüber, deren eigentlicher Sitz uns stets unnahbar bleiben wird.

Die Art der Bewegung, welche Erdbeben hervorrufen, ist eine sehr verschiedene. Natürlich ist es schwer Beobachtungen hierüber anzustellen, um so schwerer, je heftiger die Erschütterungen sind. Denn wenn der Beobachter selbst und alle Gegenstände um ihn her mit in Bewegung versetzt werden, wie soll sich da ein sicheres Urtheil über die Art der Bewegung selbst abgeben lassen. Da außerdem die meisten Erdbeben ganz unerwartet eintreten, da oft bei ihnen das Leben des Beobachtenden in Gefahr erscheint, wie kann man da in den einzelnen Fällen auf eine vollständige Zuverlässigkeit der Angaben zählen? Nur aus den zahlreichen Berichten und aus denen, welche uns möglichst unbefangen erscheinen, kann man sich mit Vertrauen einige Schlußfolgerungen ableiten, welche denn auch in dem

allgemeinen Gefühl der Tausende von Menschen, die von den Erdbeben betroffen worden sind, ihre Bestätigung gefunden haben.

Das Volk, wie die Gelehrten, unterscheiden drei Arten der Erschütterung: eine aufstoßende (moto succussorio), eine wellenförmige (moto undulatorio) und eine drehende (moto vorticoso).

Die aufstoßende Bewegung ist bisher nur bei stärkeren Erdbeben wahrgenommen worden, aber nicht bei allen. Man könnte Zweifel hegen, ob sie überhaupt wohl stattfinde, ob ein wirkliches, einfaches in die Höhe Werfen vorgekommen wäre, wenn nicht aus neuester Zeit bestimmtere unmittelbare Beobachtungen darüber vorlägen. Bei dem großen Erdbeben, welches im Februar und März 1783 Süd-Calabrien und Messina verwüstete, sah man sehr deutlich die höheren Theile der Granitberge Calabriens auf und nieder hüpfen, ja man berichtet, daß einzelne Menschen und vereinzelt stehende Häuser plötzlich in die Höhe gehoben und ohne Schaden, selbst an etwas höher gelegenen Punkten, wieder niedergesetzt wurden. Die Fundamente der Häuser und das Straßenpflaster wurden herausgeworfen, so daß die Pflastersteine mit der untern Seite nach oben liegend gefunden wurden. In der Nähe der Stadt Seminara wurde ein Mann, welcher gerade auf einem Citronenbaume stand, um dessen Früchte zu pflücken, mit diesem und dem Erdreich, worin er wuchs, in die Höhe geschleudert und wieder niedergesetzt ohne irgend Verletzungen dabei zu erleiden. Bei dem Erdbeben, welches im Jahre 1797 die Stadt Riobamba, südlich von Quito, zerstörte, sollen die Leichname vieler Einwohner bis auf den, mehrere hundert Fuß hohen Hügel la Cullca geschleudert worden sein. Endlich wird von einem Erdbeben in Chili am 7. November 1837 berichtet, bei welchem auf dem Fort San Carlos ein dreißig Fuß tief in der Erde stehender, durch Eisenstangen gestützter Mastbaum herausgeworfen wurde, so daß er im Erdboden ein tiefes rundes Loch zurückließ.

Wenn nun in den angeführten Fällen sich Einiges gegen die Sicherheit der Angaben oder gegen die Nothwendigkeit der Erklärung durch einen rein aufwärts wirkenden Stoß sagen läßt, so ist dies doch nicht zulässig bei den Thatsachen, welche Palmieri und Scacchi in ihrem Berichte über das Erdbeben

von Melfi vom 14. Aug. 1851 erwähnen. Sie sagen ausdrücklich „der erste Stoß war nach oben gerichtet (sussultorio)" und führen an, daß Säulen an der Basis oder in den Steinfugen abgebrochen sind, ohne aus der senkrechten Stellung zu kommen; daß die Spitzen der Schornsteine in die Höhe geworfen und auf ihren Untersatz in einer etwas andern Lage zurückgefallen sind; u. dgl. m. Auch erzählen sie, daß Herr Francesco Granata von Rionero, welcher an diesem Tage mit dem Bischof von Melfi am Tisch war, sah, wie die Tabaksdose des Bischofs mehrere Male in die Höhe sprang und mit großer Gewalt wieder auf den Tisch zurückfiel. Es scheint, daß diese Art aufstoßender Erschütterung sich immer nur als Anfang einer Katastrophe und an denjenigen Stellen zeigt, welche als Ausgangspunkte größerer Erdbeben zu betrachten sind, und da diese Stellen, wohl nicht selten, in unbewohnte Gegenden fallen mögen, so erhalten wir nicht immer Nachricht über die an ihnen vorgekommenen Erscheinungen.

Vollständiger und viel bestimmter ist der Nachweis, welchen wir über die wellenförmige Bewegung bei Erdbeben führen können. Diese Art der Bewegung ist die gewöhnlichste und zum Glück auch am wenigsten verderbliche Art der Erschütterungen. Kein genauer untersuchtes Erdbeben ist bekannt geworden, bei dem sich diese Art der Erschütterung nicht bestimmter hätte nachweisen lassen. Die wellenförmige Bewegung ist nichts Anderes als die horizontale Fortpflanzung des Stoßes von unten, der sich an einer Stelle vertical geäußert hat. Ganz auf dieselbe Weise, wie die Wellen auf ruhigem Wasser entstehen, wenn man einen Stein hineinwirft, so bilden sich die Erdbebenwellen, nur daß der erste Stoß hierbei nicht, wie bei dem Wasser, von oben nach unten, sondern von unten nach oben gerichtet ist. In Bezug auf die horizontale Fortpflanzung der Erschütterung bleibt es sich natürlicher Weise ganz gleich, ob der erste Stoß von oben oder von unten kam. Ebenso ist die Wiederholung der Wellen eine nothwendige Folge der Elasticität der festen, wie der flüssigen Masse. Bei jedem Erdbeben müssen daher wiederholt wellenförmige Bewegungen vorkommen, die aber, da die Elasticität des lockeren und zerklüfteten Bodens eine sehr unvollkommene ist, meist nur in der Nähe des Ausgangs-

punktes der Erschütterungen sich deutlich wiederholen, in größerer Entfernung aber sehr schwach werden oder auch gar nicht mehr bemerkbar sind. Geht die Bewegung eines Erdbebens jedoch nicht von einem Punkte, sondern von einer Linie aus, so wird sich die Erschütterung rechtwinklig gegen diese Linie in gerader Richtung fortpflanzen, und es werden dann keine kreisförmigen, sondern gerade Wellen entstehen, welche mehrere in gerader Linie vor ihnen liegende Punkte auch zu gleicher Zeit erreichen. An vielen Punkten wird man außerdem in diesem Falle entweder die gleiche oder gerade umgekehrte Richtung der Bewegung wahrnehmen müssen. Alle diese Eigenthümlichkeiten der Erscheinung sind beobachtet worden.

Bei dem schon oben angeführten Erdbeben auf Jamaica vom Jahre 1692 hat die wellenförmige Art der Bewegung sich auf eine besonders schreckliche Weise geltend gemacht. Zu Port-Royal schien, nach der Beschreibung eines dortigen Geistlichen, die ganze Erdoberfläche flüssig geworden zu sein. Der Boden schwankte und hob sich gleich einem wogenden Meere. Die Menschen, welche sich beim Anfange der Erscheinung auf die Straßen und Plätze der Stadt geflüchtet hatten, wurden von den Bewegungen des Bodens ergriffen, niedergestürzt und hin und her gerollt. Der Erdboden war von zahlreichen Spalten durchzogen, von denen man zuweilen zwei oder drei Hundert auf einmal sich öffnen und gleich darauf wieder sich schließen sah. In diesen Spalten kamen viele Menschen um, indem einige bis zur Mitte des Körpers versanken und dann zerdrückt wurden, andere nur mit den Köpfen hervorstanden. Manche wurden erst verschlungen und dann wieder ausgeworfen. — Auch von dem Erdbeben, welches Lissabon am 1. Novbr. 1755 zerstörte, berichten Augenzeugen, welche von den Schiffen auf dem Strome die Bewegung des Landes genau beobachten konnten, daß bei dem zweiten Stoße die zum Theil schon zerstörte Stadt hin und her wogte, gleich dem Meere, wenn der Wind eben anfängt sich zu erheben.

Andere Beispiele hat das große Erdbeben von Calabrien von 1783 geliefert. Vor jedem starken Stoße erschienen die am Himmel hinziehenden Wolken einen Augenblick hindurch unbeweglich, ganz wie dies auf einem mit dem Winde segelnden

Schiffe der Fall ist, sobald das Vordertheil des Schiffes sich hebt. Auch wird als eine nicht zu bezweifelnde Thatsache berichtet, daß man Bäume gesehen habe, welche sich während der Stöße dermaßen neigten, daß sie mit den Kronen die Erde berührten. Dieselbe Erscheinung hat sich bei dem Erdbeben von 1811 im Mississippithale gezeigt, wo die Bäume, während die Erdbebenwelle unter ihnen durchging, sich neigten und gleich hernach wieder aufrichteten. Zuweilen waren sie indessen hierbei mit ihren Aesten in einander verwickelt worden, und konnten sich dann nicht völlig wieder aufrichten. Der Fortgang dieses Erdbebens ließ sich im Walde des Thales sehr deutlich durch das Krachen der brechenden Aeste erkennen und verfolgen. Man hörte dasselbe jederzeit erst auf der einen, und dann auf der andern Seite. Von einem schwächeren Erdbeben, welches der im Beobachten geübte, ausgezeichnete Naturforscher Darwin am 20. Febr. 1835 in Valdivia erlebte, sagt derselbe: „Ich war gerade am Lande und hatte mich im Walde zur Ruhe niedergelegt. Es kam plötzlich und dauerte zwei Minuten: aber die Zeit schien viel länger zu sein, das Schwanken des Bodens war sehr fühlbar. Die Schwingungen schienen meinem Begleiter und mir selbst gerade von Osten zu kommen, während Andere glaubten, sie kämen von Südwesten, was zeigt, daß es in allen Fällen schwierig ist, die Richtung dieser Vibrationen wahrzunehmen. Man hatte keine Schwierigkeit aufrecht zu stehen, aber die Bewegung machte mich fast schwindeln. Es war die Bewegung eines Schiffes im kurzen starken Wellenschlag, oder noch ähnlicher, wie wenn Jemand über dünnes Eis Schlittschuh läuft, das sich unter dem Gewicht seines Körpers biegt."

Bei noch schwächeren Erdbeben sind nur selten wellenförmige Bewegungen direct beobachtet worden. In den meisten Fällen ist nur von schwachen Stößen oder Schwankungen die Rede, bei denen man jedoch eine bestimmte Richtung, in der sie sich fortbewegten, wohl bemerken konnte. Daraus erhellt ihre wellenartige Natur. Diese regelmäßige Bewegung im Fortschreiten der Stöße bekundet sich auch durch die Art von Schwingungen, in welche Flüssigkeiten versetzt werden. Wir haben eine zufällige, aber sehr genaue Beobachtungsreihe über das Erdbeben, welches in Süd-Rußland am 26. Novbr. 1829 wahr-

genommen wurde durch das Mitglied der Petersburger Akademie, Herrn Hauy, erhalten, welcher sich dieser Zeit just in Odessa aufhielt. Um 3 Uhr 58 Minuten, wahrer Zeit, traten die ersten Erschütterungen ein; vier Stöße folgten aufeinander; doch um 4 Uhr 2 Minuten war wieder Alles ruhig. In den vorhergehenden 4 Minuten waren aber die Bebungen unausgesetzt. Zur Bestimmung der Richtung der Schwingungen bot sich einem Bekannten Hauy's zufälliger Weise ein sehr passendes Mittel dar: Eine gläserne halb mit Wasser gefüllte Flasche, deren freie Wand innen ganz mit Wasserdunst angelaufen war, zeigte an zwei gegenüberstehenden Seiten diesen Wasserdunst etwas abgewischt, so daß zwei Segmente von reinem Glase über der wieder ruhig stehenden Wasserfläche sich befanden. Die Richtungen, in welchen die höchsten und niedrigsten Punkte dieser Segmente lagen, wurden gemessen. Beide schnitten sich unter rechten Winkeln, und die Linie durch die höchsten Punkte lag 2° westlich vom astronomischen Meridian. An einer Seite lag der höchste Punkt des Bogens 8,25 Millimeter über der Fläche des ruhigen Wassers, an der gegenüberstehenden nur 7 Millimeter. Wahrscheinlich der höhere Bogen nach der Seite zu, nach welcher hin die Erschütterung gegangen war. (Leider erklärt sich der Beobachter darüber nicht, ob der höhere Bogen gegen Nord oder gegen Süd gestanden hat.)

Aus neuester Zeit, von dem schwachen, aber von vielen Punkten am Niederrhein bekannt gewordenen Erdbeben vom 29. Juli 1846 theilt ein Beobachter aus Bonn seine genauen und sehr bezeichnenden Wahrnehmungen folgendermaßen mit: „Ich saß an jenem Abende, mit einem Bekannten Schach spielend, in meinem Zimmer, das im dritten Stock eines thurmartig gebauten Hauses liegt, als wir ein heftiges, rollendes, dabei gedämpftes Getöse ganz nahe bei uns hörten, welches über eine Minute lang anhielt. Mit einer sonderbaren Empfindung stand ich während dieses Getöses rasch auf, denn dasselbe überraschte mich wegen seiner Stärke und doch verursachte es kein Zittern des Hauses, was sonst jeder vorbeifahrende Lastwagen thut, und öffnete ein Fenster, um die besondere Ursache zu ermitteln. Unmittelbar nach dem Getöse und vielleicht noch während des Endes desselben erfolgten in der Richtung, wenn

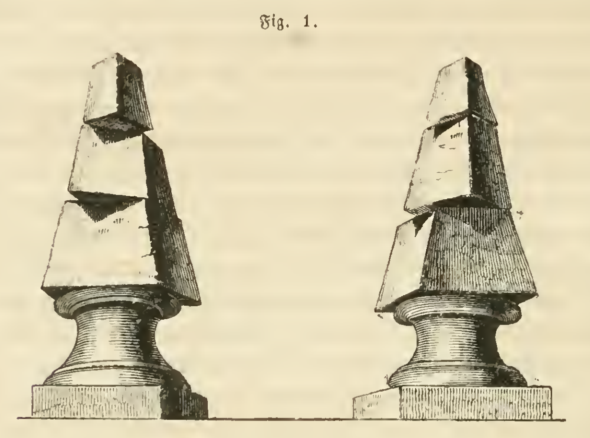
ich nicht sehr irre, von Südost nach Nordwest vier, vielleicht auch fünf heftige Stöße, so daß die Scheiben der Fenster klirrten und der eben geöffnete Fensterflügel sich stark bewegte, der kleine Tisch mit dem Schachspiel drohte umzustürzen und die leichten hölzernen Schachfiguren wurden durcheinander geschoben, so daß sie nach Nordwest hin etwa 1½ Zoll von ihrem Platz verrückt waren. Interessant scheint mir dabei die Bemerkung, welche ich gemacht zu haben glaube, daß das Geräusch offenbar von der Nordwestseite her sich hören ließ und heranwälzte, der erste Stoß aber in der entgegengesetzten Richtung wirkte, so daß denn auch die Schachfiguren durch den ersten Stoß, er war der heftigste, alle nach Nordwest hin verrückt waren und blieben. So viel ich bemerken konnte, bewegte sich die Mauer des Hauses — ich konnte das einigermaßen messen, indem ich die Hand fest auf die Fensterbrüstung des geöffneten Fensters gelegt hatte — etwa in dem Raum von vier bis fünf Zoll hin und her."

Was die dritte Art der Bewegung bei Erdbeben, die drehende, anbetrifft, so sind die Gelehrten darüber noch nicht einig, ob sie überhaupt existirt. Es ist allerdings vorgekommen, daß Körper in eine drehende Bewegung versetzt worden sind, doch läßt sich diese Bewegung auch als die Folge eines einfachen, aber modificirten Stoßes erklären. Eine wirklich strudelartige, rotatorische Bewegung ist niemals direct beobachtet worden, es sind nur Erscheinungen vorgekommen, welche sich am einfachsten durch die Annahme einer solchen würden erklären lassen. Aber die einfachsten Erklärungen sind leider bei den Naturerscheinungen nicht immer die richtigen. Die ausgezeichneten Beobachter des Erdbebens von Melfi, welche wir oben schon angeführt haben, sagen in ihrem Berichte an die Akademie zu Neapel ausdrücklich, daß man einige Beobachtungen mit Unrecht für ein Zeichen von wirbelnder Bewegung habe nehmen wollen, für die sie doch nirgends eine beweisende Thatsache gefunden hätten.

In den meisten Fällen hat man sich für eine drehende Bewegung auf Verschiebungen berufen, welche schwere Körper um ihre Axe erfahren haben. Ein scheinbar glänzendes Beispiel lieferten zwei kurze, dicke, vierseitige Obelisken vor dem Kloster

St. Stefano-del-Bosco in Calabrien, welche nach dem Erdbeben von 1783 derart verrückt waren, daß auf den unverändert stehenden Piedestalen die beiden oberen Steinstücke gegen die unteren so verschoben waren, wie die hier untenstehenden Figuren zeigen. Wunderbarer Weise müßte, wenn hier eine

Fig. 1.



drehende Bewegung stattgefunden hätte, sich jeder dieser beiden, nahe bei einander stehenden Obelisken um seine eigene Axe gedreht haben. Wenn diese Steinstücke jedoch nur aufeinander gelegt, und nicht an einander befestigt waren, so erklärt sich diese Art der Verschiebung auch dadurch, daß der Schwerpunkt ihrer Masse und der Mittelpunkt der Unterstützung mit der Richtung des Stoßes nicht in eine Ebene fielen. Auf dieselbe Art erklärt sich die Erscheinung, daß man Statuen um ihre Axe gedreht gesehen hat, so wie andere Verschiebungen von Holz und Mauerwerk.

Wunderbar erscheint allerdings das Umwenden von Gemäuern ohne Umsturz, die Krümmung vorher paralleler Baumpflanzungen, und die Verdrehungen von Ackerstücken, die mit verschiedenen Getreidearten bedeckt waren, wie sie schon im ersten Bande des Kosmos angeführt sind; doch läßt sich dieses wohl aus einer mannichfaltigen Verschiebung der losen, obersten Erdschichten ableiten, ohne daß eine wirklich wirbelnde Bewegung Statt gefunden haben muß. Am auffallendsten ist die Angabe, daß bei dem Erdbeben von Valparaiso von 1822 drei nahe

bei einander stehende schlanke Palmen schraubenartig so fest in einander geschlungen worden seien, daß sie auch späterhin in diesem Zustande verblieben.

In allen Fällen, wo jene beiden erst erwähnten Arten der Erschütterung zusammentreffen, oder wo mehrere gleichzeitige wellenförmige Bewegungen sich kreuzen, müssen so verwickelte Wirkungen im losen Erdboden sich bilden, daß hin und wieder scheinbar drehende Verschiebungen eintreten. Man könnte diese Art der Bewegung am besten die verworrene oder die sich kreuzende Bewegung nennen, um so mehr, als wir Beispiele haben, bei denen zwei verschiedene Richtungen der Kraft zu gleicher Zeit gewirkt zu haben scheinen. Humboldt berichtet über das Erdbeben, welches Carracas im Jahre 1812 zerstörte, daß dabei auf den ersten senkrechten Stoß gleichzeitig zwei gegen einander rechtwinkelige Bewegungen gefolgt seien, deren zertrümmernde Wirkung die Stadt vollständig niederwarf und 10000 Menschen unter ihrem Schutte begrub. Augenzeugen verglichen die Bewegung der Oberfläche mit dem Sprudeln kochenden Wassers. Bei so heftigen Erschütterungen läßt sich wohl nur sehr selten irgend welche Regelmäßigkeit in den Erscheinungen verfolgen.

Dritter Brief.

Erdbebenbewegung, Richtung und Getöse.

Die meisten Menschen, welche schwächere, aber doch deutliche Erdbeben erlebt haben, sprechen zwar in ihren Schilderungen immer von Stößen, welche sie empfunden haben, aber sie erwähnen dabei doch auch meist einer bestimmten Himmelsgegend, aus welcher diese Stöße hergekommen seien. Sie haben daher nicht bloß den Eindruck gehabt, als käme die Bewegung ausschließlich von unten, gleichsam wie die einer springenden Mine, sondern sie fühlten, daß mit dem Heben des Bodens

zugleich ein Fortschreiten nach einer Richtung verbunden war. Wir haben das schon in dem vorhergehenden Briefe aus den Schilderungen mehrerer unbefangener Beobachter ersehen. Daß es nun für ein Studium der Erdbeben von größter Wichtigkeit ist, die Richtung, in welcher die Erschütterungswellen sich fortpflanzen, genau kennen zu lernen, liegt auf der Hand. In vielen Fällen kann man eine bestimmt ausgesprochene Richtung wohl ermitteln, da man aber meist genöthigt ist, sich der sehr unvollkommenen Nachrichten zu bedienen, welche von Menschen herrühren, die im Beobachten nicht geübt, durch das Eintreten der Erscheinung auch wohl erschreckt worden sind, so haben viele Angaben nur einen sehr bedingten Werth.

Bei dem Erdbeben im Rheingebiet von 1846, dessen Resultate sehr sorgfältig zusammengestellt worden sind, kam man zu der Einsicht, daß in der Regel wohl mehr falsche, als richtige Angaben vorkommen, und überzeugte sich, daß gar zu oft Täuschungen mit unterlaufen. In den gesammelten Berichten kommt es nicht selten vor, daß die Angaben von einem und demselben Punkte, aber von verschiedenen Beobachtern, über die Richtungen der Schwingungen, welche meist als wellenförmige bezeichnet werden, die mannichfaltigsten Abweichungen von einander enthalten. Auch bei dem Erdbeben vom 23. Febr. 1828 geben z. B. die verschiedenen Beobachter in Aachen die Richtung der Stöße nach Ost, nach Nordost, nach Nordnordwest und nach Süd an.

Bei stärkeren Erdbeben ist dies weniger der Fall, denn bei diesen giebt es mehr bleibende Denkmale, welche die Richtung der Bewegung deutlicher anzeigen. Solche Spuren an leblosen Dingen sind immer zuverlässiger, als die Angaben unerfahrener Beobachter. Mitunter sind Spalten, welche im Boden entstanden, oder verschobene Theile des Erdreichs, schief stehende Bäume u. dgl. m. Zeichen, welche die Richtung der Stöße andeuten, in den meisten Fällen ist jedoch die Art der Zerstörung, welche Gebäude erfahren haben, das beste Kennzeichen für die Beurtheilung der Richtung, in welcher die Bewegung sich fortgepflanzt hat.

Wenn ein Stoß oder eine hebende Welle gerade auf die Front eines Gebäudes wirkt, so wird das Mauerwerk entweder

völlig umgestürzt oder noch durch die dahinter stehenden Wände aufrecht erhalten, während die Wand der Rückseite wahrscheinlich aus dem Gebäude heraus geworfen wird. Die Seitenwände werden bei diesem Vorgang zwar aus ihrer Richtung nicht herausgebracht, wohl aber zum Theil gehoben, während sie zum Theil noch in der ursprünglichen Lage sich befinden. Sie pflegen daher wiederholt von oben bis unten zu zerreißen, ohne dabei umgestürzt zu sein. In solchen Fällen also, wo ein Gebäude der Erdbebenwelle parallel oder rechtwinkelig dagegen steht, ist die Richtung derselben ziemlich deutlich zu erkennen, wo aber Zwischenstellungen vorkommen, wird die Bestimmung einer Richtung schwierig. Da aber überall, wo größere Ortschaften von Erdbeben berührt sind, die Gebäude in denselben doch nach verschiedenen Richtungen zu stehen, so fehlt es auch an solchen Stellen nie an Erscheinungen, welche über die Hauptrichtung eines Stoßes Aufschluß geben können.

Bei dem oben angeführten Erdbeben in Chile, welches die Stadt Concepcion völlig zerstörte, blieben die in der Richtung des Stoßes sich erstreckenden Mauern zwar stehen, zerbarsten aber durch Querspalten, wogegen die rechtwinkelig auf die Richtung des Stoßes (also parallel den Wellen) stehenden Mauern niedergeworfen wurden. Auf der Insel Majorka stürzten bei einem Erdbeben im Jahre 1851, in einem dortigen Arsenale, die an die westliche Wand angelehnten Gewehre in das Zimmer hinein, während die an der gegenüberliegenden östlichen Wand stehen blieben, die an der südlichen und nördlichen Wand aber der Länge nach über einander fielen. Der Stoß war hier offenbar von Westen gekommen und nach Osten fortgeschritten.

Obgleich man auf solche Weise bei vielen Erdbeben darüber ins Klare kommen kann, in welcher Richtung die Hauptbewegung gegangen ist, so ist es doch nicht bei allen zu ermitteln gewesen, und da für unsere Kenntniß und Beurtheilung dieses wunderbaren Phänomens die Art und Fortpflanzung der Bewegung eine Hauptquelle der Belehrung bilden muß, so hat man schon längst das Bedürfniß gefühlt, ein Instrument zu besitzen, welches die Richtung und die Stärke der Stöße bei Erdbeben anzugeben vermöchte. In Italien pflegt man eine

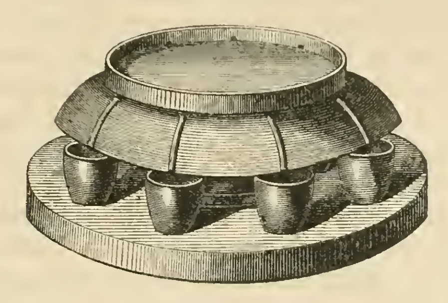
einfache Vorrichtung anzuwenden, welche zugleich dazu dienen soll, bei schwachen Erzitterungen, welche leicht unbemerkt vorübergehen, vor dem Herannahen starker Stöße zu warnen. Sie besteht in einem einfachen, aus Coconfäden gebildeten, leichten 3 bis 4 Fuß langen Pendel, welches man gewöhnlich an den Stuben-Barometern zu befestigen pflegt. Ein am unteren Ende befestigtes Gewicht ist mit einer nach unten gerichteten Spitze versehen, und dieser stellt man ein Schälchen voll feinen Sandes gerade so unter, daß die Spitze bei Bewegungen des Pendels auf der Oberfläche des Sandes zu schreiben oder Furchen zu ziehen im Stande ist. Man sieht wohl ein, daß ein so roh construirtes Instrument nur sehr unvollkommen die erwähnten Zwecke zu erfüllen vermag. Denn einerseits ist es so empfindlich, daß die geringsten Erschütterungen, auch von anderen Ursachen, als von Erdbeben herrührend, es in Schwingung versetzen, andererseits muß die von stärkeren Erschütterungen mit bewegte Sandmasse die auf ihrer Oberfläche von der Pendelspitze gezogenen Furchen von selbst wieder auslöschen.

Während des lang anhaltenden Erdbebens, welches Süd-Italien im Jahre 1808 heimsuchte, wurden verschiedene andere Vorschläge gemacht, um zu genaueren Angaben zu gelangen. Kugeln von Elfenbein sollten durch die Spur ihres Laufes die Richtung der Bewegung anzeigen; ein Papierstreifen, der an einem Pendel befestigt war, und gegen eine Wand anstreifen konnte, sollte durch die Art seiner Verbiegung eine Andeutung über die Richtung geben, in welcher das Pendel bewegt worden war. Aber alle diese Instrumente erfüllten nur sehr unvollkommen ihren Zweck. Besser bewährte sich die Anwendung von Flüssigkeiten, welche in einem Gefäße mit hohem Rande auf- und abschwingen können. Man wendete zuerst Wasser an, welches mit Kleie bestäubt war. Das Wasser wird durch den Stoß an den Wänden des Gefäßes in die Höhe getrieben und läßt hier einen Theil der seine Oberfläche bedeckenden Kleie zurück. Später hat man dicke, kleberige Flüssigkeiten, wie Honig, Theriak u. dgl. für denselben Zweck vorgeschlagen.

Am zweckmäßigsten erscheint das von dem Astronomen Cacciatore zu Palermo vorgeschlagene Sismometer oder Seismometer. (Siehe die nachfolgende Figur.) Es besteht

der Hauptsache nach in einem flachen, kreisrunden Becken, dessen Seitenwände in gleicher Höhe, d. h. also in derselben Horizontalebene und in gleichen Abständen von acht Löchern durchbohrt sind. Auf der Außenseite umgiebt diese Schale ein

Fig. 2.



abwärts gesenkter Wulst, der bis zu den Löchern der Wände heraufreicht und acht Rinnen enthält, welche von den Löchern abwärts führen. Das Ganze steht auf einem senkrechten Fuße mit einer massiven Scheibe als Unterlage, in die 8 kleine Becher so eingesetzt sind, daß sie, vollkommen sicher vor dem Umstürzen, gerade unter den acht Rinnen stehen. Man gießt nun das Becken genau bis zum Rande der Löcher voll Quecksilber, orientirt dasselbe wagerecht so, daß vier Löcher mit den vier Himmelsgegenden zusammenfallen, und stellt es wohl verschlossen an einem vor zufälligen Erschütterungen geschützten Platze auf.

Bei jeder wellenförmigen Erschütterung des Instruments wird Quecksilber durch die verschiedenen Löcher des Beckens abfließen, und zwar am meisten durch diejenigen, welche der Richtung, in der die Welle fortschreitet, am nächsten liegen. Die gegenüberstehenden Gefäße oder Becher werden hierbei sich ungefähr gleichartig verhalten und auch füllen, da jeder Welle auch ein Rückschlag folgen wird, weil aber der Stoß stärker sein muß, als der Rückstoß, so wird auch auf der Seite, nach welcher der Stoß gerichtet war, mehr Quecksilber abfließen, als auf der entgegengesetzten. Die Schwere des Quecksilbers macht es leicht, die Menge in den einzelnen kleinen Bechern durch das Gewicht festzustellen. Enthalten zwei Becher nebeneinander

gleichviel, so war die Richtung des Stoßes gerade auf die Mitte zwischen zwei Löchern des Beckens gerichtet. Je stärker die Erschütterung war, um so größer wird die Menge des Quecksilbers sein, welche man in den Gefäßen vorfindet, doch wird sich eine sichere Vergleichung auf die Stärke der Stöße aus der Menge des Quecksilbers nicht entnehmen lassen. Nur die Richtung läßt uns dieses Instrument mit einiger Bestimmtheit erkennen. Ein zuverlässiges Instrument zum Messen der Intensität der Erdbeben besitzen wir noch nicht. Man hat zwar mehrere andere Instrumente noch vorgeschlagen, manche von ziemlich complicirter Construction, doch leisten sie alle nicht wesentlich mehr als das vorhin beschriebene. Nur ein neuerdings erhobenes Bedenken verdient Erwähnung, daß man nämlich dergleichen Instrumente nicht in Gebäuden, sondern nur im Freien aufstellen dürfe, weil durch die Construction der Gebäude und die Lage ihres Mauerwerks die wirkliche Richtung des Stoßes gar zu leicht in eine scheinbare verändert werde.

Bisher sind Beobachtungen mit dem Sismometer nur von Palermo bekannt geworden, wo seit dem Ende des Jahres 1818 mit dem Instrumente von Cacciatore beobachtet worden ist. Im Verlauf der ersten 12 Jahre hatten 27 stärkere Erdbeben stattgefunden. In 19 Fällen war die Bewegung von Ost nach West gegangen, in 4 Fällen von Süd nach Nord und in 4 anderen Fällen von Südwest nach Nordost. Uebereinstimmende Beobachtungen mit solchen Instrumenten an zahlreicheren Punkten angestellt, würden allerdings unsere Kenntniß von den Richtungen, welche die Erschütterungen in gewissen Länderstrecken nehmen, und von dem, was darin gesetzmäßig ist, wesentlich fördern, bisher hat man aber dem Gegenstande nicht die Aufmerksamkeit und Theilnahme geschenkt, welche er unzweifelhaft verdient.

Eine sehr eigenthümliche Erscheinung pflegt den Erdbeben voran zu gehen, sie zu begleiten oder ihnen unmittelbar zu folgen. Das ist ein unterirdisches Getöse, il rombo nennen es die Italiener. Es ist kein Zweifel darüber, daß dieses Getöse nicht immer gleichzeitig mit den Erschütterungen auftritt. Bei dem Erdbeben von 1846 hörte es zu Bonn ein ruhiger Beobachter, bei völliger Abendstille, deutlich als ein unterirdi-

sches Rollen von Südost herannahen und bei zunehmender Intensität, unter sich fort, gegen Nordwest ziehen. Es nahm nochmals zu und verhallte ähnlich dem fernen Donner. Unmittelbar darauf erfolgte die Erschütterung in großen langsamen Wellenschwingungen, ebenfalls in zwei Absätzen, dem Getöse entsprechend, und ganz in derselben Richtung. In den meisten Fällen wird die Art des Geräusches auf ähnliche Weise beschrieben, bald wie ein donnerartiges Getöse, bald wie eine Reihe einzelner krachender Schläge, oft wie der Ton entfernter Kanonenschüsse, oder wie das Rasseln schwerer Wagen, die über ein holperiges Steinpflaster fahren. Seeleute vergleichen es mit dem Ablaufen vieler schwerer Ankerketten auf einmal, Andere mit dem klirrenden Geräusch, als würden Scherben zerschlagen, und noch Andere mit dem Wirbel vieler Trommeln oder auch mit dem Brausen des Sturmwindes.

Sorgfältige Beobachter geben stets an, daß dieses Geräusch aus der Tiefe des Bodens heraufgeschallt sei, nur ausnahmsweise hat man geglaubt, es in der Luft zu vernehmen. Daß es sich wirklich unterirdisch fortpflanzt, geht schon daraus hervor, daß es oft in Bergwerken in ansehnlicher Tiefe unter der Erde mit besonderer Stärke vernommen worden ist. Auch weiß man in manchen Gegenden aus alter Erfahrung, daß es am lautesten aus den Oeffnungen tiefer Brunnen hervortönt. Oft hört man es an vielen Stellen zugleich. So hörte man im Jahre 1812 in der ganzen Provinz Venezuela auf einem Raum von ungefähr 2200 Quadratmeilen*) ein unterirdisches Donnern, das überall von gleicher Stärke gewesen zu sein scheint. In Carracas nahe am Meere und zu Calabozo im Innern des Landes, 50 Meilen davon, hielt man es für Kanonendonner, und traf Maßregeln, sich gegen den andringenden Feind zu vertheidigen.

Da der Schall sich in festen Körpern viel schneller und gleichmäßiger fortpflanzt als in der Luft, so kann es nicht auffallen, daß man derartige Geräusche an vielen Orten ungefähr zu gleicher Zeit gehört hat. Genaue Zeitbestimmungen sind bei

*) Wo Meilenzahlen angegeben werden, sind es geographische, Fuße sind Pariser.

dergleichen Beobachtungen ja sehr selten zu ermitteln, und da der Schall sich in festen Körpern viel schneller fortpflanzt, als in der Luft, so würde ein Unterschied von 5 Minuten in der Zeit hinreichen, um den Schall in einer gleichförmigen Gesteinsmasse einen Weg von 100 geogr. Meilen zurücklegen zu lassen. Auch verliert der Schall bei seiner Fortpflanzung durch feste Körper sehr wenig von seiner ursprünglichen Stärke*), so daß durch die Betrachtung dieser Thatsachen das Vorkommen großer und gleichförmiger Verbreitung der Erdbeben-Detonationen weniger auffallend erscheint.

Uebrigens sind nicht alle Erschütterungen von solchem Getöse begleitet, und umgekehrt kommt auch Getöse ohne Erschütterungen vor. Das furchtbare Erdbeben von Riobamba trat ohne alles Geräusch ein, und mehrere Erdbeben von Chile ebenso. Ein sehr genauer Bericht des Domherrn Rion in Sion über das Erdbeben im Wallis von 1855 zeigt, daß 150 Stöße mit Detonationen, 60 Stöße ohne dieselben und 80 Detonationen ohne Erschütterungen beobachtet wurden. Schon im Alterthum waren solche unterirdische Donner ohne Erdbeben bemerkt worden und Aristoteles so wie Plinius erwähnen ihrer. In neuerer Zeit haben wir mehrere genauere Angaben über dieselben erhalten. Auf der Hochfläche von Quito sind diese rollenden Töne, von den Spaniern bramidos genannt, eine sehr häufige Erscheinung, welche zwar eine kleine Erderschütterung in ihrem Gefolge hat, doch sind gerade diese Erdstöße in der Regel so unbedeutend, daß man nicht einmal daran denkt, das Bett zu verlassen, wenn man durch ihr Getöse im Schlafe gestört worden ist. Als Humboldt in Quito war, schien ihm das Geräusch vorzüglich von der Basis des großen Vulkans Pichincha herzukommen. Auch in Central-Amerika sind dergleichen unterirdische Geräusche, unter dem Namen retumbos, wohl bekannt. Sie scheinen dort, sowohl in Guatemala als in Nicaragua, von den Vulkanen auszugehen,

*) Der kleinste Schlag, selbst das durch Kratzen mit einer Stecknadel hervorgebrachte Geräusch am einen Ende einer 3000 Fuß langen gußeisernen Wasserleitung wurde nach Biot mit beinah unverminderter Stärke am anderen Ende gehört.

doch ohne daß man diese in irgend welcher Thätigkeit erblickt. Besonders ist es der Vulkan Herradura, am Golf von Nicoya, welcher seit Menschengedenken keine anderen Lebenszeichen von sich gegeben hat, als daß er oft viele Wochen lang von regelmäßig wiederkehrendem Donner erdröhnt, um dann Monate lang wieder zu verstummen.

Sehr auffallend ist das Vorkommen solcher unterirdischer Getöse in Gegenden, welche von vulkanischen Distrieten unabhängig zu sein scheinen. Man wird in solchen Fällen sehr geneigt, zu glauben, daß sie auch ganz getrennt von allen eigentlichen Erdbeben-Phänomenen auftreten können. In der Bergstadt Guanaruato, auf dem mexikanischen Hochlande, hörte man im Anfang des Jahres 1784 mehr als einen Monat lang sich beständig wiederholende, langsam rollende Donner, von einzelnen kurzen, krachenden Schlägen unterbrochen. Doch nahm man weder an der Oberfläche, noch in den 1500 Fuß tiefen Bergwerken irgend eine Spur von Erdbeben wahr. Dennoch erregte dieses so lange anhaltende unterirdische Getöse einen so großen Schrecken unter den Einwohnern, daß sie fast alle die Stadt verließen. Merkwürdiger Weise war das Geräusch nur in einem kleinen Umkreise zu hören, da man schon 3 Meilen von der Stadt entfernt gar nichts davon bemerkt hat, auch verzog es sich, ohne bisher je wiedergekehrt zu sein.

Aehnlich sind die Erscheinungen, welche 4 Jahre lang die Insel Meleda an der dalmatinischen Küste heimsuchten, und zuerst die Bewohner derselben in großen Schrecken versetzten, da sich der Glaube verbreitete, es wolle hier ein neuer Vulkan die alten Erdschichten durchbrechen. Meleda ist die südlichste der größeren Inseln, welche von dem Golf del Quarnero an, vor der dalmatinischen Küste der Länge nach vorliegen. Sie hören mit Meleda, westlich von Ragusa, auf und bilden eine lange Reihe schmaler, bergiger Inseln, durch welche eine besondere Formation der Küste bezeichnet wird. Alle bestehen aus jener eigenthümlichen Kalkbildung, welche die merkwürdige Hochfläche des Karstes bei Triest zusammensetzt, unter dessen klüftiger Decke so viele mächtige Höhlen und unterirdische Flußläufe verborgen liegen.

Im März des Jahres 1822 wurden die Bewohner der

Insel zuerst durch ein Knallen erschreckt, das sie bald für eine Kanonade auf der See, bald auf dem bosnischen Festlande hielten. Als jedoch das Getöse ununterbrochen fortdauerte, überzeugte man sich mit Schrecken, daß die Ursache desselben unter der Insel selbst ihren Sitz haben müsse. Es kehrte auch fortwährend nach unregelmäßigen Pausen wieder und hatte mitunter sogar kleine Erschütterungen zur Folge, deren eine sogar ein Stück Fels von dem Gipfel des bedeutendsten Berges der Insel loslöste. Zuweilen schwieg es mehrere Monate lang, da es aber in Jahr und Tag immer wiederkehrte, so hatten die erschreckten Bewohner schon den Entschluß gefaßt, die Insel gänzlich zu verlassen, als zwei Abgeordnete von Wien eintrafen, um den Sachverhalt sorgfältig und genau zu untersuchen. Diesen verdankt man die Beruhigung der Einwohner und einen sehr sorgfältigen Bericht, aus dem hervorgeht, daß wir es hier zwar mit Erdbeben ähnlichen Erscheinungen zu thun haben, daß es aber doch sehr fraglich bleibt, ob diese mit den eigentlichen Erdbeben in eine Klasse zu setzen seien.

Ein anderes Beispiel in kleinerem Maßstabe, das dadurch um so klarer vor uns liegt, hat der sorgsame Sammler hierher gehöriger Erscheinungen, K. v. Hoff, uns überliefert. Am 5. Mai 1829 saßen einige Holzhauer unter der Aufsicht des Kreiser Eberhard im unteren Theile des Eichwaldes, welcher den Krahenberg, eine Anhöhe 3/4 Stunden von Gotha, bedeckt. Sie befanden sich unweit der sogenannten Fuchsecke auf einem Schlage, um zu frühstücken. Plötzlich hörten sie unter sich ein schnell vorübergehendes, aber starkes Getöse, gleich als ob eine Last großer Steine auf einmal von einem Wagen herabgeschüttet würde, oder als ob ein Gebäude zusammenbräche. Diesem Getöse folgte schnell eine unter ihnen von Süd nach Nord hinstreichende Erschütterung des Bodens. Die Luft war dabei ganz unbewegt. Die Leute sahen sich erschrocken an, und, den Grund dieser Erscheinung nicht begreifend, suchten sie ringsumher, ob vielleicht eine alte Eiche niedergestürzt wäre, fanden aber Nichts. Am 7. April um 9 Uhr Morgens hatten dieselben Männer und noch einige mehr an derselben Stelle ganz dieselbe Erscheinung wahrgenommen, nur mit dem Unterschiede, daß damals die Erschütterung in der entgegengesetzten Richtung,

nämlich von Nord nach Süd, unter ihnen hingestrichen war. Dieser Umstand scheint die Erscheinung zu erklären und die Vermuthung zu rechtfertigen, daß sie kein eigentliches Erdbeben war, sondern ein Erdfall, der sich im Innern des Berges ereignete und nicht zum Tagebruch kam. Dieses anzunehmen, erlaubt die Beschaffenheit des Bodens. Die Oberfläche des Krahenberges besteht aus Muschelkalk, welcher um Gotha her ein mächtiges, in welligen Formen gebogenes, hier und da Höhlen enthaltendes Gypslager bedeckt. Wahrscheinlich ist am 7. April ein Theil des Gewölbes einer solchen Höhle im Gyps von Norden her eingestürzt, und erst am 5. Mai der andere Theil von Süden her dann nachgebrochen, während sich die gewölbartige, darüber hingebogene, überaus mächtige Decke des sehr festen Muschelkalkes noch erhalten hat. Diese Vermuthung wird durch den Umstand sehr unterstützt, daß ganz nahe bei der Stelle, an welcher die Erschütterung empfunden wurde, sich zwei tiefe uralte Erdfälle*) befinden.

Vierter Brief.

Erdbebenbewegung, Geschwindigkeit und Dauer.

Nachdem wir in den vorhergehenden Briefen näher auf die Art und Weise eingegangen sind, in welcher die Erderschütterungen an einzelnen Stellen sich äußern, nachdem wir zuletzt darauf hingewiesen haben, daß die Art der Erderschütterung uns keinen Unterschied wahrnehmen läßt zwischen Bewegungen der festen Massen in Folge von nachweisbaren oder doch sehr wahrscheinlichen Einbrüchen von Höhlungen und den aus unbekannten Ursachen herrührenden eigentlichen Erdbeben, bleibt es uns noch übrig, den Zeitverlauf näher zu

*) Erdfälle nennt man trichter- oder kesselartige Vertiefungen, welche durch den Einsturz innerer Höhlungen und durch das Nachsinken oberer Schichten theils plötzlich, theils allmälig entstehen.

untersuchen, welcher bei der Fortpflanzung der Erdbebenbewegungen sich erkennen und bestimmen läßt.

Erdbeben pflanzen sich von einer Stelle zur anderen fort, darüber kann keine Frage sein, sie pflanzen sich wellenförmig fort, auch darüber kann man nicht mehr im Zweifel bleiben, aber mit welcher Geschwindigkeit, das ist noch näher zu erörtern. Man bedarf für die Bestimmung solcher Geschwindigkeiten vor Allem genauer Zeitbestimmungen, diese sind aber schwer zu erlangen. Wenige Menschen befinden sich im Besitze von genau gehenden Uhren, d. h. von Chronometern oder von astronomischen Pendeluhren. Die Angaben aller Andern sind höchst unzuverlässig bei Zeitbestimmungen, wo man wünschen muß, die Angaben nicht bloß nach Minuten, sondern auch nach Secunden zu erhalten. Wie selten ist es, daß Jemand die Stellung seiner Uhr gegen mittlere oder irgend eine andere bestimmte Zeit genau anzugeben vermag.

Trotz aller dieser Schwierigkeiten hat man dennoch wiederholt versucht, durch sorgfältige Zusammenstellung aller Beobachtungen, durch scharfe Kritik über die Zuverlässigkeit der einzelnen Angaben zu Resultaten zu gelangen. Schon im vorigen Jahrhundert hat ein Engländer, Mitchell, die Bewegungen, welche bei dem großen Erdbeben von Lissabon 1755 wahrgenommen worden sind, zusammengestellt und verrechnet, und ist dabei zu dem Resultate gekommen, daß die Bewegung in der Minute 4½ geographische Meilen, oder in der Secunde 1650 Pariser Fuß zurückgelegt habe. In neuerer Zeit hat der Astronom Julius Schmidt eine genauere Berechnung gegeben über die Geschwindigkeit, mit der sich das Erdbeben am Niederrhein von 1846 verbreitete.

Unter den zahlreichen Berichten, welche besonders aus den Rheinlanden eingelaufen waren, fanden sich zwar viele Zeitangaben, aber zumeist mit Viertel- oder halben Stunden abschließend. Mitunter sogar nur die Stunden nennend, innerhalb welcher man das Erdbeben verspürt hatte. Nur wenige Berichte gaben wirklich die Minute der Beobachtung an. Für den, gar bald aufgefundenen Mittelpunkt der Bewegung, der ungefähr zu St. Goar am Rhein lag, fehlte indessen jede annehmbare Zeitbestimmung. In keiner Nachricht aus dem gan-

zen Kreise St. Goar ließ sich etwas Brauchbares finden und auch die sorgfältigsten Erkundigungen, die nach einigen Wochen an Ort und Stelle eingezogen wurden, blieben für nähere Zeitbestimmungen völlig fruchtlos.

Wenn man nun auch voraussetzen muß, daß bei diesem Erdbeben die Zeitangaben (etwa mit Ausnahme der Bonner Beobachtung) im Allgemeinen unsicher sind, so wird man doch keineswegs allen Beobachtungen einen gleich geringen Werth beilegen dürfen. Die Beobachtungen in größeren Städten, wo die Organisation des Post- und Eisenbahn-Wesens genügende Zeitbestimmungen möglich macht, zumal aber in solchen, wo entweder eine Sternwarte ist, oder Jemand sich mit astronomischen Beobachtungen beschäftigt, werden jedenfalls ein größeres Zutrauen verdienen als solche, die von entlegenen Orten kommen. Man wird auch den Zeitbestimmungen in Städten, welche dem Mittelpunkte des Erdbebens sehr nahe liegen, einen geringeren Werth beilegen müssen, als entfernteren, weil dort die Fehler der Angabe einen bedeutenderen Einfluß auf das Resultat ausüben. Immer wird man aber in der Auswahl der Beobachtungen, so wie in der Vertheilung des Stimmrechts mit einiger Willkür verfahren müssen, weil man weder den Beobachter, noch seine Zuverlässigkeit, noch auch die Zeit seiner Uhrvergleichung kennt.

Um den ersten Näherungswerth für die Geschwindigkeit in einer Minute zu erhalten, wurden die Zeitangaben von Bonn, Aachen, Coblenz und Boppart zum Grunde gelegt und aus diesen die Geschwindigkeit von 3,52 preuß. Meilen erhalten. Hieraus wieder ließ sich der erste Näherungswerth für die Zeit des Erdbebens im Mittelpunkt von St. Goar bestimmen, der sich zu $9^h\ 24{,}5'$ mittlere Zeit ergab. Von diesen Resultaten ausgehend, wurde nun mit Hülfe der Methode der kleinsten Quadrate sowohl die unter allen wahrscheinlichste Geschwindigkeit, als auch die Grenze der Unsicherheit für dieselbe ermittelt. Das Resultat ergab 3,739 geographische Meilen in der Minute oder 1376 Pariser Fuß in der Secunde. Eine Schnelligkeit, welche die des Schalles in der Luft um 357 Fuß übertrifft, von der Geschwindigkeit des Schalles im Wasser aber um nahe an 3000 Fuß übertroffen wird.

Schmidt revidirte auch die älteren Angaben und Geschwindigkeits-Berechnungen für das Erdbeben von Lissabon und kam dabei zu dem Resultate einer viel größeren Geschwindigkeit, da bei der Annahme, daß das Erdbeben 15 Minuten später zu Glückstadt als zu Lissabon eingetreten sei, 19,6 Meilen Weges auf eine Minute kamen. Humboldt nimmt im ersten Bande des Kosmos eine Geschwindigkeit von 5 bis 7 geograph. Meilen an. Itier hat sie für das Erdbeben von 1811 auf den Antillen zu 5695 Fuß in der Secunde, Rogers für dasselbe Erdbeben zu 2180 Fuß zu bestimmen versucht.

Aus alle dem geht hervor, wie man das wohl der Natur der Sache nach schon erwarten muß, daß einerseits die Bestimmung der Erdbebengeschwindigkeit so lange sehr ungewiß bleiben wird, als man nicht genaue Zeitbestimmungen an vielen Orten machen kann, andererseits diese Geschwindigkeit bei verschiedenen Erdbeben und in verschiedenen Gegenden sehr abweichend ausfallen muß, da sie nicht allein von der Stärke und Richtung der Stöße und von der Dicke der festen Rinde an dieser Stelle, sondern auch von der Beschaffenheit der verschiedenen Gesteine, welche sie zusammensetzen, abhängig ist. Neuerdings hat man Versuche angestellt, um durch die Beobachtung des Verlaufs künstlicher Erschütterungen zu einigen Anhaltepunkten auf diesem Gebiete zu gelangen, indem man eine Mine legte und diese explodiren ließ. Die Resultate sind nicht unbefriedigend, denn sie stimmen sehr wohl mit den durch die gründliche Arbeit von Schmidt erhaltenen Zahlen. Man sah, daß nasser Sand auf 905 Fuß in der Secunde, lockerer Granit auf 1219 Fuß und fester Granit auf 1559 Fuß weit bewegt wurde.

Ebenso wenig Genauigkeit als die Angaben über den Zeitpunkt der Erdbeben besitzen die Aussagen über die Dauer derselben. Wenige Menschen haben wohl eine deutliche, stets in ihrem Bewußtsein stehende Vorstellung davon, wie lang eine Minute ist. Die meisten sind geneigt, eine solche Zeitspanne viel länger zu schätzen, als sie wirklich ist. Die Bezeichnung „eine Minute lang" wird im gewöhnlichen Leben oft für einen Zeitraum von wenigen Secunden gebraucht, und man hat daher bei der Beurtheilung der Angaben über die Dauer einer

Erderschütterung die Fähigkeit für die genaue Bestimmung eines Zeitmaßes bei dem Beobachter sorgfältig zu prüfen. Selbst Geübtere werden hierbei eher zu große als zu kleine Zahlen angeben.

Wir haben in Bezug auf die Dauer der Erdbeben dreierlei zu unterscheiden. Erstens: die einzelnen Stöße, zweitens die kleinen Bebungen, welche jene zu begleiten pflegen, und drittens die Zeitdauer, in welcher beide ununterbrochen auf einander zu folgen pflegen. Denn da in der Regel mehrere heftige Erschütterungen in kurzer Zeit auf einander folgen und durch schwächere Bebungen mit einander verbunden werden, so ist die Gesammtdauer einer Reihe von Erschütterungen scharf von der Dauer einzelner Stöße zu trennen. Diese letzteren, als Hauptäußerung der unterirdischen Kraft, verdienen zunächst ins Auge gefaßt zu werden.

Nur wenige zuverlässige Angaben über die Dauer der eigentlichen Stöße sind vorhanden. Wenn man bedenkt, wie selten Jemand bei einer solchen heftigen Erschütterung die gehörige Ruhe behält, um darauf zu achten, wie viel Secunden sie anhält, wie selten man dabei geneigt sein mag, ruhig die angefangenen Beobachtungen fortzusetzen, dann wird man einsehen, daß es ein glücklicher Zufall ist, wenn wir genaue Angaben über die Einzelnheiten dieser Zeitmaße besitzen.

Der oben angeführte Beobachter des Erdbebens im südlichen Rußland von 1829, Herr Hauy, scheint in der Nacht, wo es sich ereignete, glücklicher Weise Licht und ein Chronometer am Bette gehabt zu haben, denn er giebt uns die genauesten Details über den Verlauf desselben. Kurz vor 4 Uhr des Morgens (um 3 Uhr 58 Minuten wahre Zeit, deren Angabe bis auf 30 Secunden wenigstens sicher ist) wurde er durch leichte Schwingungen geweckt, welche ihm der Anfang des Erdbebens gewesen zu sein scheinen. Sie nahmen während ungefähr 40 Secunden zu, darauf erfolgte ein ziemlich starker, einige Secunden lang fühlbarer Stoß, darauf nahm die Größe der Schwingungen erst ab, dann wieder zu, gegen eine Minute lang, worauf ein zweiter sehr starker und länger als der erste dauernder Stoß folgte. Hierauf wieder erst Abnahme, dann Zunahme der Schwingungen während 12 bis 15 Secunden,

und hierauf ein dritter Stoß, schwächer und von kürzerer Dauer als der erste; endlich eine abermalige Pause, während der die Schwingungen im Lauf von 15 Secunden ab- und zunahmen, und dann der vierte und letzte Stoß, an Stärke dem dritten gleich und von 3 bis 4 Secunden Dauer. Ihm folgte abnehmendes Beben während 5/4 Minuten. Um 4 Uhr 4 Minuten 2 Secunden war wieder Alles ruhig, aber während der vorhergegangenen 4 Minuten waren die Bebungen unausgesetzt. Das Krachen eines hölzernen Verschlages in dem Schlafzimmer des Beobachters gab ihm Gelegenheit, die kleineren Schwingungen zu zählen und er giebt deren 152 (?) binnen 30 Secunden an.

Mir ist kein zweiter Fall bekannt, in dem mit solcher Genauigkeit die Dauer der einzelnen Phasen der Erschütterung angegeben wäre. In den meisten Fällen wird angeführt, daß im Verlauf einer gewissen Minutenzahl, oder in dem Bruchtheile einer Stunde, eine Reihe von heftigen Erschütterungen, deren Zahl oft zweifelhaft bleibt, Statt gefunden habe, welche von schwächeren Bebungen begleitet waren. Mitunter wird die Zeit bestimmt, welche während der heftigsten Stöße verlief. Hier zeigen sich aber oft bedeutende Abweichungen, wie z. B. bei dem Erdbeben vom 23. Febr. 1828 in Belgien und am Niederrhein, dessen Verlauf uns von verschiedenen, scheinbar ganz zuverlässigen Beobachtern geschildert wird. Wenn man aber einige ohne Zweifel übertriebene und von ungenauen Beobachtern ertheilte Nachrichten, die von ganzen oder gar von mehreren Minuten reden, unbeachtet läßt, und sich an die Mehrzahl der wahrscheinlicheren Nachrichten hält, so kann man höchstens 5 bis 6 Secunden für die Dauer der einzelnen Stöße annehmen. Auch bei zwei Erdbeben, welche sich im Januar und Februar desselben Jahres am Nordrande der schwäbischen Alp zeigten, geben gute Beobachter die Dauer der Erschütterung auf 2 bis 4 Secunden an. Ebenso wird vom September 1830 aus diesen Gegenden von mehreren Erschütterungen berichtet, bei denen einzelne Stöße von 2 und 3 Secunden Dauer angegeben werden. Weniger als 1 Secunde Dauer für einen Stoß ist wohl nur ausnahmsweise, bei sehr heftigen Erschütterungen, wahrgenommen worden.

Hieraus sehen wir, daß der Ausdruck Stoß für diese Art der Erschütterungen kein glücklich gewählter ist. Nach gewöhnlichem Sprachgebrauche verstehen wir unter Stoß eine Bewegung, welche mit ansehnlicher Geschwindigkeit sich mittheilt, und in diesem Falle würde daher der bezeichnendste Ausdruck wohl Hebung oder Welle sein. Stöße würden alle losen Körper von ihren Plätzen entfernen, wie z. B. die Tabaksdose des Bischofs von Melfi, aber sie würden nicht Schachfiguren zum Gleiten, Flüssigkeit zum regelmäßigen Schwanken veranlassen. Daß jedoch ein Unterschied zwischen verschiedenen Stößen besteht, geht aus den Schilderungen des Erdbebens von Lissabon von 1755 hervor, in welchen der erste Stoß mit einer Dauer von 5 bis 6 Secunden angegeben wird, dem dann nach wenigen Minuten blitzschnell zwei andere Stöße folgten, welche die Zerstörung vollendeten. Wir müssen daher annehmen, daß die gewöhnlichen Stöße der Erdbeben einzelne, wellenförmige Hebungen und Senkungen sind, welche in den meisten Fällen langsam, d. h. im Verlauf einiger Secunden, vor sich gehen. Meist sind sie von viel schwächeren Erzitterungen begleitet, welche längere Zeit anhalten und die Zwischenräume zwischen den einzelnen heftigeren Erschütterungen ausfüllen.

Der ganze Verlauf einer solchen Reihe von Bewegungen ist sehr verschieden in Dauer, bei demselben Erdbeben auch wechselnd an verschiedenen Stellen. Mitunter sehr kurz. Noeggerath sagt z. B. von dem Erdbeben am Rhein von 1846, „die größte Wahrscheinlichkeit deutet auf drei vorgekommene Stöße, welche in dem Zeitraume von 3 bis 4 Secunden zusammengefaßt und in nicht ganz gleichen Abschnitten von einander sich ereignet haben. Wenn manche Berichte von einem Schwanken des Bodens während mehrerer Minuten sprechen, so ist dabei offenbar der sehr gewöhnliche Fehler der unrichtigen Abschätzung von kleinen Zeiten eingetreten.“ In vielen Fällen ist der ganze Verlauf jedoch ein längerer; 2, 3, 4 Minuten, aber mitunter auch 10 Minuten oder eine Viertelstunde halten die Erschütterungen an, sich dann in jener Weise in einzelne Stöße und fortgesetzte Bebungen sondernd, welche Hauy so genau beschrieben hat. Von einem Erdbeben, das am 25. Febr. 1703 in Rom empfunden wurde, berichtet man, daß nach eini=

gen einzelnen Stößen im Beginn der Nacht von 9 Uhr an (italienischer Zeit, d. i. 3 Uhr Morgens) bis zum Sonnenaufgang die Erde immerfort bewegt blieb. Bei dem Erdbeben, welches Lima, die Hauptstadt von Peru, im Jahre 1746 zerstörte, wiederholten sich die Erdstöße in dem Zwischenraume von 7 bis 8 Minuten, sodaß man im Verlauf von 24 Stunden gegen 200 Stöße von der heftigsten Art gezählt hat. Doch scheint es fast, als ob die Dauer im umgekehrten Verhältnisse zu der Heftigkeit der Stöße stehe, denn die verheerendsten Stöße, welche Tausenden den Untergang brachten und blühende Städte und Provinzen zerstörten, sind fast immer das Werk eines Augenblickes gewesen.

Die Thätigkeit unseres Erdkörpers, welche die Erdbeben hervorruft, äußert sich nun entweder nur in einem einzigen solchen Paroxysmus, oder es zeigt sich eine Reihe von Wiederholungen, welche sich mitunter über einen weiten Zeitraum ausdehnt. Es gehört unstreitig zur Charakteristik aller kräftigen Erdbeben, daß, so vorübergehend auch ihr Auftreten ist, sie dennoch da, wo sie einmal begonnen haben, gewöhnlich nicht sobald wieder aufhören. Man kann in vielen Fällen sagen, die Erde vermochte an dieser Stelle nicht schnell wieder zur Ruhe zu kommen. Diese Wiederholungen treten theils nach kleineren, theils nach größeren Pausen wieder ein und dauern manchmal Jahre lang. Im Allgemeinen kann man sagen, daß es Nachklänge irgend einer großartigen Erschütterung sind, denn wenn sich diese schwächeren Bewegungen mitunter auch wieder verstärken, manchmal sogar die erste Katastrophe an Heftigkeit übertreffen, so finden wir doch, fast ausnahmslos, daß eine ganz bestimmte, heftige Erschütterung den Anfang machte. Lang dauernde Erdbeben pflegen nicht mit schwachen Stößen zu beginnen, sich dann allmälig zu verstärken und später wieder sanft abnehmend zu verhallen. Sie setzen sich mit einem scharf begrenzten Bruch in der Erdrinde ein und schüttern dann an dieser Stelle fort, bis das zuerst gesprengte Gleichgewicht der festen Theile sich nach und nach wieder geordnet hat. Humboldt hat darauf hingewiesen, daß dergleichen lang anhaltende, oft wiederholte Erschütterungen in Gegenden vorzukommen pflegen, welche keine Vulkane enthalten, und allerdings läßt sich dieses

in manchen Fällen nachweisen, doch finden sich auch in vulkanischen Bezirken wiederkehrende Erdbeben nicht selten. Es geht hier, wie in vielen Fällen auf diesem Gebiete, es deutet sich ein Zusammenhang der Erscheinungen an, aber er ist noch lange nicht klar. Wir werden den Gegenstand später noch einmal berühren.

Basel, ein Ort, an welchem Erdbeben nicht selten sind, wurde am 18. October 1356 durch ein so heftiges Erdbeben heimgesucht, daß die Chronisten sagen, die Stadt sei in einen einzigen Trümmerhaufen verwandelt worden. Die Stöße wiederholten sich noch oftmals im Verlaufe eines ganzen Jahres, so daß in der Umgegend von Basel noch viele Burgen und Schlösser zerstört und auch in großer Entfernung, wie in Bern, Yverdun, Lausanne, in Straßburg und an vielen Orten des Rheinthals Kirchen und andere Gebäude stark beschädigt wurden. Im Jahre 1663 am 5. Januar wurde Canada von einer fürchterlichen Erderschütterung betroffen, welche 6 Monate lang dauerte. Sie äußerte sich besonders zerstörend auf einer Strecke von 130 engl. Meilen zwischen Quebeck und Tadeausac. Das Eis des Lorenzstromes wurde gebrochen und es entstanden viele Bergschlipfe. Humboldt berichtet über das Erdbeben, welches am 21. Octbr. 1766 Cumana zerstörte, daß, nachdem die Stadt in wenigen Minuten zertrümmert worden war, der Erdboden noch während 14 Monaten in fast ununterbrochenem Erzittern blieb. Zuerst folgten sich die Stöße von Stunde zu Stunde, allmälig wurden jedoch die ruhigen Zwischenräume größer, doch wagten die erschreckten Einwohner erst wieder Hand an den Aufbau ihrer Wohnungen zu legen, als die Erschütterungen sich nur von Monat zu Monat wiederholten.

Das südliche Nord-Amerika, besonders die Thäler des Mississippi, Arkansas und Ohio, die kleinen Antillen und das nördliche Süd-Amerika waren vom Mai des Jahres 1811 bis zum December 1813 den heftigsten Erschütterungen ausgesetzt. Bald wurde die eine, bald die andere Stelle mehr davon berührt. Sie begannen im Norden und zeigten sich besonders stark auf der Westseite der Alleghani-Kette in den Staaten Kentucky und Tenesee. Hier traten sie an einigen Orten regelmäßig von Stunde zu Stunde ein. Die heftigste Katastrophe zerstörte die Stadt Carracas und ihren Hafen La Guaira vom

26. März bis zum 5. April 1812. Man zählte in den ersten Tagen bis 15 Stöße täglich und noch am letzten fiel ein Stoß, der ebenso heftig war, als irgend einer der vorhergegangenen.

Als die Stadt Theben in Griechenland im Jahre 1853 zerstört wurde, hielten die Erschütterungen ebenfalls lange Zeit hindurch an. Die erste Katastrophe trat am 18. August an einem Sonntag ein. Nach orientalischem Gebrauche befand sich die Mehrzahl der Bewohner auf der Straße, als um 10 Uhr 20 Minuten Vormittags drei leichte Stöße sich fühlbar machten, die das erschreckte Volk zur Flucht ins Feld antrieben. Zehn Minuten danach erhob sich ein dumpfes Geräusch, dem Rollen eines Wagens über das Pflaster vergleichbar, und fast zu derselben Zeit erschütterte ein furchtbarer Stoß, der von unten nach oben gerichtet zu sein schien, die ganze Stadt. In 13 Secunden war Theben nur noch ein Haufen Ruinen. Nicht alle Einwohner hatten sich gleich nach den ersten kleinen Bewegungen entfernt, und so kamen 17 zwischen und unter den Häusern um und 60 blieben verwundet inmitten des Schuttes zurück.

Die Stöße dauerten nach dieser Zeit noch fort, so daß die Einwohner nicht wagten, in die Stadt zurückzukehren, sondern in ihren Gärten Wohnung machten. Den 29. August gegen Mitternacht traf ein zweiter Stoß die Gegend, ebenso heftig als der erste. Auch dieser Stoß schien gerade auf, von unten nach oben, gerichtet, wie viele glaubwürdige Personen versichert haben. Von dieser Zeit ab hielten die Erschütterungen noch ungefähr 15 Monate an, und kehrten mitunter 3 Mal im Tage wieder. Mehrere Monate hindurch campirten die 4½ Tausend Einwohner von Theben in Feldern und Gärten und hatten große Drangsal auszustehen während der Herbst- und Winter-Regen. Allmälig nahmen die Erdbeben an Häufigkeit und Heftigkeit ab, man gewöhnte sich an sie und betrat doch die Stadt wieder.

Auch das Erdbeben, welches in der Mitte des Jahres 1855 im oberen Wallis begann, hatte bis zu dem Ende von 1856 mehr oder weniger häufige Erschütterungen in seinem Gefolge. Wir sehen, daß großen Convulsionen in den Tiefen der Erdrinde, nach ihren heftigsten Katastrophen, immer noch kleine Zuckungen gefolgt sind, welche erst nach und nach verschwinden.

Fünfter Brief.

Erdbebenbewegung, Fortpflanzungsweise.

Die Erdbeben pflanzen sich durch jegliches Gestein fort. Seien es feste, seien es lockere Massen, mögen sie regelmäßig geschichtet oder unregelmäßig geklüftet sein, mögen sie aus dem verschiedensten Material bestehen, von den Erdbeben erfaßt und erschüttert werden sie alle. Indessen liegt es in der Natur der Massen und ihrer Verhältnisse, daß die Art, wie Erschütterungen in ihnen sich fortpflanzen, sehr verschiedenartig ist.

Alle festen Körper im Allgemeinen sind fähig durch mechanische Einwirkungen erschüttert und in Schwingungen versetzt zu werden, die Art der Fortpflanzung dieser Schwingungen hängt jedoch von der eigenthümlichen Natur und der Anordnung der sie zusammensetzenden Theilchen ab; so auch die Schwingungen der Erdbeben von der Beschaffenheit und Structur der Gebirgsarten, welche in so mannichfaltigen Verbindungen die Erdrinde zusammensetzen. In ununterbrochen gleichförmigen Gesteinen, deren Theilchen unter sich fest zusammenhängen, werden diese Schwingungen sich gleichförmig ausbreiten, wie die Wellen auf einem in Erschütterung versetzten Wasserspiegel, wo aber Trennung in Platten und Tafeln, wo Schichtung und Zerklüftung sich einstellen, wo endlich ganze Gebirgsmassen nur aus locker und unregelmäßig durch einander gemengten Bruchstücken gebildet werden, da müssen auch diese regelmäßigen Fortpflanzungen empfangener Erschütterungen sich auf das Mannichfaltigste abändern, und ein und dasselbe über einen größern Theil der Erdoberfläche ausgebreitete Erdbeben wird an verschiedenen Punkten die verschiedensten Wirkungen ausüben können. Durch dieses ungleichförmige Verhalten der Gesteine und Erdschichten wird es geschehen können, daß da, wo in zwei aneinander grenzenden, auf oder neben einander liegenden verschiedenen Gebirgsarten die Schwingungen der Erdstöße sich begegnen, der Fall eintreten kann, daß sie einander mehr oder minder entgegenwirken und sich gegenseitig aufheben. Es wird also

an einzelnen Theilen der Oberfläche Ruhe Statt finden können, während ringsum Alles erschüttert wird, und ebenso werden auch zwei sich in ungefähr gleichförmiger Richtung treffende Schwingungen ihre Wirkungen verstärken und einzelne Punkte in eine heftigere Aufregung versetzen können, während andere, mehr oder minder nahe gelegene, fast ganz verschont bleiben. Endlich kann auch wohl die Ungleichförmigkeit in der Zusammensetzung des Bodens so groß und die davon aufgehäufte Masse so mächtig sein, daß die nach allen Seiten darin unregelmäßig fortgepflanzten Erschütterungen so vielfältig sich durchkreuzen oder aus einander gehen, daß sie spurlos in solchen Gebirgsarten sich verlieren.

Beispiele für die Richtigkeit dieser Annahmen oder wenigstens für die Wahrscheinlichkeit derselben, bieten sich in der Geschichte der Erdbeben von den verschiedensten Zeiten und Orten dar.

Zunächst sehen wir, daß keine Art von Gestein von Erdbeben unberührt bleibt. Die großen Gebirgsstöcke, welche vorwaltend aus Gneuß, Glimmerschiefer, Granit und anderen schiefrig-krystallinischen oder massigen Gesteinen bestehen, wie Alpen, Pyrenäen und scandinavische Gebirge, werden ebenso von den Erschütterungen heimgesucht, als die Schiefer- und Grauwacken-Massen des Niederrheinischen Gebirges, als die Becken von Thüringen, Franken und Schwaben und die plateauartig ausgebreiteten Gesteine des mittleren Rußlands und des östlichen Nord-Amerika. Die vorwaltend aus Kalkgesteinen bestehende Kette der Apenninen wird ebenso ergriffen, als die mit Thon und wenig festen anderen Gesteinen erfüllten Becken von Paris und London und die mit ganz lockeren, aufgeschwemmten Massen bedeckten Ebenen der Niederlande. Weder kleine, inselförmig auftretende Gebirge, wie die Euganeen in der Lombardei, bleiben von ihnen verschont, noch einzelne Inseln im offenen Ocean, wie Madeira.

Bei näherer Betrachtung ergiebt sich aber eine wichtige Thatsache, daß nämlich ein wesentlicher Unterschied in der Art der Kraftäußerung besteht, durch welche Erdbeben sich auf festem oder auf lockerem Gestein fühlbar machen. Denn im Allgemeinen gilt die Bemerkung, daß die Erschütterungen der Erdbeben

sich auf festem Felsboden weniger verheerend erwiesen haben, als auf lockerem, dessen Bestandtheile leicht durch einander zu werfen sind. Nur auf festem Felsboden scheinen aufwerfende, successorische Stöße vorzukommen, und jenes völlig regellose Durcheinanderwerfen, welches mit den leicht verschiebbaren Massen aufgeschwemmter oder nicht fest verbundener Gesteine möglich ist, das ist im eigentlichen Fels nie vorgekommen.

Bei dem Erdbeben von 1783 war es in Messina sehr auffallend, daß vorzugsweise derjenige Theil der Stadt zerstört wurde, welcher hart an der Küste liegt. Die dort stehenden großen und schönen Gebäude waren auf dem weniger festen Strandboden gebaut, wie ihn die Anschwemmungen des Meeres noch jetzt dort erzeugen, während die weiter vom Meere entfernten Stadttheile auf festem Gesteine stehen, das bei weitem nicht so arge Erschütterungen und Verschiebungen erfuhr. Hier waren die Beschädigungen viel unbedeutender. Aehnlich waren die Erscheinungen bei dem Erdbeben von Jamaica, das schon oben erwähnt wurde. Die im höheren Theile der Insel auf festem Gestein gebauten Häuser wurden zwar stark beschädigt, blieben aber doch stehen, der größte Theil der Stadt aber, am Rande des Meeres, versank in die Tiefe. Aus den Pyrenäen wird berichtet, daß bei einem Erdbeben, welches 1773 im Thale von Ossau besonders sich zeigte, diejenigen Häuser eines kleinen Ortes, die auf Kalkstein standen, nur wenig litten, während die in der Nähe auf Granit erbauten stark beschädigt wurden.

Es werden sogar nicht selten Fälle berichtet, wo Erschütterungen an einzelnen Stellen spurlos vorüber gingen, während sie an ganz nahe gelegenen deutlich wahrgenommen wurden. Zu Marienberg im Erzgebirge verspürten (1812) die Bergleute in den Gruben eine heftige Erschütterung und stiegen erschrocken zur Oberfläche hinauf, an der Niemand etwas von derselben bemerkt hatte. Ganz entgegengesetzt zeigte es sich bei einem Erdbeben in Schweden (1823), das zu Stockholm und in einigen Gegenden von Dalekarlien empfunden wurde. In den großen, zum Theil offenen Gruben von Persberg, Bispberg und Fahlun wurde es in der Tiefe gar nicht gefühlt, während die Leute, welche im Auf- und Absteigen auf den Stiegen begriffen waren, eine so starke Erschütterung fühlten, daß sie glaubten,

die Stiegen würden mit ihnen einstürzen. Aehnliches hat sich bei dem Erdbeben am Niederrhein (1828) gezeigt, wo die Erschütterung auf dem linken Rheinufer, dem Hauptsitz des Erdbebens, in Belgien sowohl über Tage, als in den Gruben bei Namur und Lüttich verspürt wurde, jenseit des Rheins aber, bei Mühlheim, Essen u. s. w., wo der Stoß an der Oberfläche deutlich wahrgenommen wurde, haben die zahlreichen Arbeiter in den dortigen Steinkohlengruben nicht das Geringste von demselben wahrgenommen.

An diesem Erdbeben hat Noeggerath zuerst auf überzeugende Weise nachgewiesen, daß die Fortpflanzung der Erdbeben, nicht bloß die locale Aeußerung derselben, von dem Gestein und seinen Lagerungsverhältnissen abhängig ist. Die größte Erstreckung hatte das Erdbeben in der Richtung des Streichens*) des belgisch-rheinischen Thonschiefer-Gebirges und der damit ungefähr parallelen Grenze der Auflagerung jüngerer Gesteine gehabt. Alle am härtesten von dem Erdbeben heimgesuchten Punkte liegen auf der Streichungslinie (WSW—ONO) des Steinkohlengebirges, und auch diejenigen Orte, welche am weitesten gegen Osten die Bewegung noch gespürt haben, liegen auf der Fortsetzung dieser Gesteine. Das Steinkohlengestein, als solches, mag hierbei eine ganz gleichgültige Rolle spielen, aber die Art, in der es früher schon zusammengeschoben wurde, und die Richtungslinie älterer Bergzüge sind hierfür gewiß von der größten Wichtigkeit. Auch Humboldt hat mit seiner feinen Beobachtungsgabe schon früher darauf hingewiesen, daß, während die Erderschütterungen sich im nördlichen Süd-Amerika parallel den Küsten-Cordilleren fortzupflanzen pflegen und sich besonders stark in der aus festen Massen von Gneuß und Glimmerschiefer bestehenden Hauptkette zeigen, doch auch hier nicht selten wieder Fälle vorkommen, wo einzelne Stellen am Rande dieser Kette wenig oder gar nicht von ihnen berührt werden. Bisher hat man aus der Bodenbeschaffenheit an diesen Stellen keinen Grund für die Erscheinung ableiten können. Die Ursachen für die Verbreitung der Erdbeben liegen aber auch

*) Streichen nennt man die Richtung, in welcher gehobene, nicht mehr horizontal liegende Massen geschichteter Gesteine fortsetzen.

nicht bloß an der äußersten Erdoberfläche, sondern gewiß nicht selten in den Verhältnissen in größerer Tiefe.

Mitunter scheint in der ungleichförmigen Fortpflanzung der Erschütterungen selbst etwas Gesetzmäßiges zu liegen, denn es ist eine sowohl in Peru als in Mexico bekannte Thatsache, daß Erdbeben nicht allein seit Jahrhunderten regelmäßig derselben Richtung folgen, sondern auch, daß sie dabei immer nur an bestimmten Punkten besonders heftig auftreten, andere ganz verschonen. Solche frei bleibende Stellen nennen die Eingebornen Brücken, da sie meinen, daß unter diesen die Erschütterungen nur in der Tiefe fortgepflanzt werden. Indessen berichtet doch Humboldt auch von Fällen, wo Stellen, welche lange Zeit hindurch von Erdbeben frei geblieben waren, plötzlich von ihnen ergriffen wurden. Es war, wie Humboldt erzählt, eine seit Jahrhunderten stets von Neuem bestätigte Erfahrung, daß die Erdbeben, welche sich in Cumana zeigten, niemals die nördlich der Küste gegenüberliegende, langgestreckte Halbinsel Araya berührten. Cumana steht auf jüngeren Kalksteinen, Araya wird von Glimmerschiefer gebildet. Der Meerbusen zwischen beiden hat höchstens eine Meile Breite, und trennte oftmals, wunderbar genug, ein Feld voll Trümmer und entsetzlicher Zerstörung von dem Anblicke einer blühenden und sicher bewohnten Landschaft. Da wurde durch das Erdbeben vom 14. Decbr. 1797 die lang gewährte Sicherheit furchtbar zerstört. Eine leichte wellenförmige Bewegung trieb die Einwohner von Cumana zur Flucht an, während sie sich aber der sicher geglaubten Halbinsel zuwandten und hinter ihnen furchtbare, senkrechte Stöße die Stadt in einen Trümmerhaufen verwandelten, stiegen vor ihnen Flammen aus dem Meerbusen empor und Araya wurde ebenso heftig verheert, als das Festland. Seitdem ist sie in ähnlichen Fällen nie wieder verschont geblieben, ja es ist selbst vorgekommen, daß sie allein erschüttert wurde und Cumana in völliger Ruhe verblieb, so daß es scheint, als wäre jetzt Araya selbst ein neuer Mittelpunkt geworden, von dem Erschütterungen ausgehen.

In ausgedehnten Länderstrecken, welche vorwaltend mit losem Schutte oder mit weichen Gesteinmassen, wie Lehm und Thon und Gerölle bedeckt sind, in solchen Gebieten müssen die

Wirkungen der Erdbeben allmälig verloren gehen. An ihren Rändern, wo sie an das festere Gestein angrenzen, wird man die Bewegung wohl noch bemerken, in ihren inneren Theilen sicher nicht. Wer hat auch je von Erderschütterungen in den mittelsten Theilen der Norddeutschen Ebene, etwa in Berlin gehört? Bei der großen Mächtigkeit, mit der in solchen Gegenden die losen Massen auf einander gehäuft sind, muß jeder Stoß, der sich in den dichten, mehr oder weniger elastischen Gesteinmassen unter ihnen fortgepflanzt hat, in ihrer ungleichförmigen, aufgelockerten Masse längst verklungen sein, ehe er die Oberfläche erreicht. Denn, wie wir diese Annahme an solchen Gegenden sich bestätigen sehen, so hat auch die Erfahrung gelehrt, daß einzelne Punkte, die häufigen Erschütterungen ausgesetzt sind, auf künstlichem Wege porös gemacht und dadurch vor den heftigsten Wirkungen der Erdbeben geschützt werden können.

Schon die Alten kannten diese Erfahrung und Aristoteles sowie Plinius sprechen die Meinung aus, daß künstliche Höhlungen, Grotten, Steinbrüche und Brunnen die über ihnen stehenden Gebäude vor den heftigeren Erschütterungen bewahren. Sie empfahlen die Anlage solcher tiefen Höhlungen für besonders zu schützende Stellen und erklärten sich die Wirkung derselben durch die Annahme, daß die gespannten Dämpfe, welche die Ursache der Erdbeben seien, auf diesem Wege leichter entweichen könnten. Aber auch spätere Erfahrungen bestätigen die Thatsache, wenn auch nicht die Erklärungsweise der alten Schriftsteller.

So führen italienische Schriftsteller an, daß die Römer bei der Anlage des Capitols tiefe Brunnen in den capitolinischen Hügel gegraben hätten, und daß durch diese Vorsichtsmaßregel jene Gegend in Rom, wo Erdbeben doch nicht zu den Seltenheiten gehören, immer von heftigeren Erschütterungen verschont geblieben sei. Sie führen außerdem eine Reihe von Städten auf, welche bisher bei Erdbeben nur wenig gelitten haben, erklären aber die Ursache aus dem eben angegebenen Gesichtspunkte. Capua ist z. B. weniger als eine andere campanische Stadt von Erdbeben heimgesucht worden, sie hat aber auch sehr zahlreiche tiefe Brunnen und wird auf dem größten Theile

ihres Umfangs durch das tief eingeschnittene Thal des Volturno von der übrigen Masse der campanischen Gefilde abgetrennt. Unter dergleichen Umständen pflanzen sich horizontale Wellen nicht mit voller Gewalt in solche isolirte Massen fort. Von der Stadt Udine im Friaul wird sogar berichtet, daß man in alten Zeiten nach einem sehr heftigen Erdbeben viele sehr tiefe Brunnen gegraben habe, die sich bisher als ein guter Schutz bewährt hätten.

In Neapel wird es als eine unbezweifelte Thatsache angenommen, daß tiefe Keller, Brunnen und Gewölbe die auf ihnen stehenden Gebäude schützen, und große Paläste, wie der des Königs und die mehrerer Fürsten, sind über künstlichen Grotten und Höhlungen auf Pfeilern und Gewölben erbaut, die bisher allerdings auch gute Dienste geleistet haben. Auch der Obelisk des heiligen Januarius soll, nach Cellano, über einem sehr tiefen Brunnen stehen und daher bis jetzt noch von keinem Erdbeben gelitten haben. Zu ihm wendet sich deshalb das Volk mit seinen Bitten, wenn heftige Erdbeben die Sicherheit der Stadt bedrohen.

Poli, welcher das Erdbeben vom 26. Juli 1805 beschreibt, das nordöstlich von Neapel die Provinz Molise verheerte, und auch in der Hauptstadt selbst sehr heftig auftrat, behauptet, daß der verhältnißmäßig geringe Schaden, welchen die heftigen Stöße in Neapel anrichteten, allein in dem Umstande begründet sei, daß der Boden der Stadt seit den ältesten Zeiten von einer zahllosen Menge von Wasserleitungen, Cisternen, Abzugs-Kanälen, großen alten Steinbrüchen u. dgl. m. durchzogen werde. Er weist nach, daß bei jenem Erdbeben Häuser, die auf festem Boden standen, viel mehr gelitten haben als solche, die über Höhlungen erbaut waren. Er meint, daß ohne diesen Schutz Neapel mit seinen hohen Häusern, bei den heftigen Stößen, welche nicht selten die unmittelbare Umgebung der Stadt treffen, schon längst einmal hätte zusammenstürzen müssen.

Nicht bloß in Italien, auch in andern Ländern, ist dieselbe Wahrnehmung gemacht worden. Vivenzio erzählt, daß nach einem furchtbaren Erdbeben, welches im Jahre 1721 die Stadt Tabris in Persien verwüstet hatte, dort eine Menge tiefer Brunnen sei gegraben worden, um ähnlichem Unheil für spätere

Zeiten vorzubeugen. Ebenso berichtet Humboldt, daß zu Quito weniger Erdbeben und nicht so heftige, als zu Lataeugna vorkommen, und daß man dort allgemein die Ursache dafür in der großen Zahl von tiefen Schluchten findet, welche das Plateau in der Umgebung von Quito nach allen Richtungen durchziehen. Auch auf Haity hält man tiefe Brunnen für das einzige Schutzmittel der Städte, „und es ist gewiß auffallend, fügt Humboldt dieser Angabe hinzu, die unwissenden Indianer dem Reisenden dieselben Ansichten wiederholen zu hören, welche schon vor Jahrtausenden die Philosophen und Naturforscher der Griechen und Römer vortrugen."

Im Meere werden Erdbeben ebensowohl wie auf dem Festlande empfunden, nur scheinen schwächere Bewegungen zu verschwimmen, heftige werden aber immer sehr deutlich wahrgenommen. Viele Seefahrer erzählen davon, daß sie mitten im offenen Meere plötzlich geglaubt haben auf eine Klippe aufzufahren, weil das ganze Schiff einen Stoß erhalten hat, der es durch und durch erschütterte, bis sie bemerkten, daß sie sich ungestört im freien Gewässer befanden und sorgfältige Untersuchung auch zeigte, daß das Schiff nirgends eine Verletzung aufzuweisen hatte. Le Gentil erzählt, daß er auf seiner Reise um die Welt in dem Molukkischen Meere, wo dergleichen häufig vorkommt, einen Stoß erlebt habe, der so heftig war, daß er die Kanonen in hüpfende Bewegung versetzte, und daß die Strickleitern an den Masten rissen. Der bekannte Reisende Shaw erlebte auf einem algierischen Schiffe im Jahre 1724 ein Erdbeben an einer Stelle, wo das Meer über 200 Fuß tief war. Es waren drei heftige Stöße und er beschreibt die Empfindung davon, indem er sagt, es sei gewesen, als würden Massen von 20—30 Tonnen (4—600 Centner) Gewicht auf den Ballast, im untersten Theile des Schiffes, geworfen. Die meisten Fälle dieser Art sind zwar in der Nähe vom Festlande beobachtet, doch wird von einem Erdbeben berichtet, das Schiffe am 2. Febr. 1826 im atlantischen Oceane verspürten, von denen das eine 60, das andere 135 Meilen westlich von Lissabon sich befanden. Freilich war das letztere in größerer Nähe zu den azorischen Inseln, das erstere aber ungefähr mitten inne zwischen diesen und Europa.

Die so im Gewässer hervorgerufene Bewegung äußert sich an den Küsten in der Regel in mehreren mächtigen Wellen, welche weit über den höchsten Fluthstand hinausgehen. Zuerst pflegt das Meer sich zurückzuziehen und große Strecken des sonst bedeckten Strandes trocken zu legen, dann aber stürzt es plötzlich mit furchtbarer Gewalt weit über seine alten Ufer fort.

Man hat diese Erscheinung auf sehr verschiedene Weise erklärt. Einige meinen, daß große Wassermassen plötzlich von dem geöffneten Meeresgrunde verschlungen würden. Doch haben wir gar keine Ursache, auch kein Beispiel dafür, anzunehmen, daß der Erdboden sich urplötzlich so zu öffnen vermöge, daß er gewaltig große Wassermassen, denn nur solche könnten die erwähnte Wirkung hervorbringen, in einem Augenblicke zu verschlingen vermöchte. Andere suchen die Ursache in einer plötzlichen Erhebung des Landes, der eine Senkung wieder folgte. Eine solche Erklärung erschiene sehr zulässig, wenn nicht Fälle bekannt wären, wo an entfernten Küsten zugleich das Meer sich zurückgezogen hat, während dieser Annahme nach ein Zurückziehen an der einen Stelle ein Steigen an der andern hätte hervorrufen müssen. Die glaublichste Erklärung ist wohl die, daß, wenn eine Erschütterung vom Meeresgrunde ausgeht, die auf ihm lagernde Wassermasse plötzlich in die Höhe gestoßen wird, was anfangs einen Abzug des Wassers von den benachbarten Küsten zur Folge haben muß, auf welchen dann wieder eine Rückfluth eintritt. Auch ist wohl zu beachten, daß Erschütterungen, welche vom Meeresgrunde ausgehen, sich eines Theils im festen Erdboden, andern Theils im Wasser fortpflanzen müssen, da aber die Wellen im Gestein sich schneller fortpflanzen als im Wasser, so muß das Festland früher von der Erschütterung erreicht werden, als das Gewässer der Küste, so daß die Meereswoge erst das Land erreicht, nachdem die Woge des Gesteins schon durch dasselbe fortgegangen ist. Diese Annahme bestätigt sich dadurch, daß die großen Meeresbewegungen in der Regel erst einige Zeit nach den ersten Erschütterungen des Landes eintreten.

Vielfache Beispiele dieser großartigen Erscheinung sind uns überliefert. Bei dem schon früher erwähnten Erdbeben auf Jamaica im Jahre 1692 stürzte sich das Gewässer in die Straßen

von Port-Royal und riß einen großen Theil der Stadt nieder, während zugleich ein Theil des Bodens versank. Viele Schiffe im Hafen wurden dabei zertrümmert und eine englische Fregatte (The Swan) wurde über einen Theil der Stadt fortgetrieben und blieb zuletzt auf einem Hause sitzen, dessen Dach sie mit ihrem Kiel eindrückte. An anderen Stellen der Küste verwüstete das Meer alle Pflanzungen, und bei St. Anne wurden mehr als 1000 Morgen Wald von ihm verschlungen. Im Herbst des Jahres 1737 hatte der Vulkan von Kliutschewsk auf der Südspitze der Halbinsel von Kamtschatka einen heftigen Ausbruch gehabt, dem am 6. October ein Erdbeben folgte. Bei diesem stieg das Meer zwei Mal um ungefähr 20 Fuß über seinen gewöhnlichen Stand hinauf, trat dann so weit zurück, daß der Wasserspiegel von manchen Punkten der Küste aus gar nicht mehr zu sehen war, ließ Felsen, die bis dahin Niemand geahnt hatte, im Gewässer erscheinen und kehrte darauf mit furchtbarer Gewalt wieder zurück. Bis zu 210 Fuß Höhe schlug es an der felsigen Küste von Lopatka empor und riß alle Wohnungen und viele Menschen mit sich hinab.

Bei dem Erdbeben, welches im Beginn der Nacht des 28. October 1746 die Hauptstadt von Peru, Lima, und den Hafenort Callao traf, stürzte das Meer, lange nachdem der erste Stoß vorüber war, in einer Welle, die bis zu 80 Fuß sich aufdämmte, über Callao fort. Die Stadt wurde völlig zerstört, so daß nur einige Reste der ehemaligen Befestigungen sichtbar blieben und von einer Bevölkerung, die über 5000 Einwohner zählte, wurden nur etwa 200 gerettet. Von 23 Schiffen im Hafen wurden 4 über die Mauern der Festung und die Häuser der Stadt fort eine Stunde weit ins Land hineingetrieben und dort zurückgelassen. Dies waren aber auch die einzigen, welche nicht zu Grunde gingen. Einzelne Menschen wurden bis zur Insel San Lorenzo 2 Stunden weit ins Meer hinausgerissen und dort ans Land geworfen, während Andere, welche sich auf Balken schwimmend zu retten suchten, durch das Zertrümmern derselben, bei der wilden Aufregung des Gewässers, getödtet wurden. An der südamerikanischen Westküste überhaupt hat sich die Theilnahme des Meeres an der Erschütterung durch die Erdbeben wiederholt sehr heftig gezeigt und wir besitzen aus

der neueren Zeit vielfache Angaben über derartige Ereignisse. Die fast gradlinige Küste, der keine Inseln vorliegen, setzt dem Einbruch des bewegten Gewässers gar kein Hinderniß entgegen und die Zerstörungen sind daher an dieser Küste in der Regel im höchsten Grade gewaltig. Als Darwin, dessen Schilderung des Erdbebens von Chile am 20. Febr. 1835 wir schon oben angeführt haben, zwei Tage nach diesem Ereigniß sich dem Hafen von Concepcion, Talcahuano näherte, kam ihm schon ehe er an's Land trat die Kunde, daß kein Haus mehr in Concepcion oder Talcahuano stände, daß 70 Dörfer zerstört worden seien, und daß eine große Welle die Ruinen von Talcahuano fortgespült habe. „Wir sahen, fährt er fort, schon auf der Insel Quiriquina, wo ich gelandet wurde, hinreichende Beweise für die Wahrheit dieser letztern Thatsache. Die ganze Küste derselben war mit Holz und Möbeln überstreut, als wenn tausend große Schiffe gestrandet wären. Außer Stühlen, Tischen, Bücherbrettern u. s. w. waren dort mehrere Dächer von Häusern, die in einem beinah vollständigen Zustande weggespült worden waren. Die Waarenhäuser von Talcahuano waren aufgerissen worden und große Ballen von Baumwolle, Yerba und anderen werthvollen Waaren lagen am Ufer umher. Während eines Ganges um die Insel bemerkte ich zahlreiche Felsentrümmer, die nach den daran hängenden Seeproducten zu urtheilen noch unlängst in tiefem Wasser gelegen haben mußten, hoch am Ufer. Eines von diesen war ein Stück, sechs Fuß lang, drei Fuß breit und ungefähr zwei Fuß dick. Die Welle selbst sah man in der Bucht vom Meere herkommend, als eine ungetheilte Schwellung des Wassers, aber auf jeder Seite, wo sie Widerstand fand, rollte sie sich über und riß Hütten und Bäume fort, als sie mit allgewaltiger Kraft weiter stürzte. Man kann sich denken, welche fürchterliche Reihe von weißen Brechwogen es gewesen sein muß, die sich dreimal über der Stadt brachen und sie fast gänzlich zerstörten. Große Tümpel von salzigem Wasser waren noch auf den Straßen übrig, und Kinder, die sich alter Tische und Stühle als Kähne bedienten, waren im Augenblick eben so glücklich, als ihre Eltern elend waren."

Aber nicht bloß das Meer, sondern auch die stehenden süßen Gewässer werden durch Erdbeben in Bewegung versetzt.

Unter den Nachrichten über das große Erdbeben von Lissabon finden sich zahlreiche Angaben darüber, daß Seeen und Teiche in England, Deutschland und Scandinavien die Bewegung angegeben haben. Ja, sie haben dieselbe in Gegenden angezeigt, wo das Festland gar nicht merkbar bewegt wurde. Auch die großen nordamerikanischen Seeen haben oftmals an den Erdbebenbewegungen Theil genommen.

Auffallend ist die Plötzlichkeit, mit welcher manche Erdbeben eingetreten sind. Viele sind durch schwächere Erschütterungen angezeigt worden, aber nicht wenige haben auch ohne alle Vorboten begonnen. Darwin berichtet einige auffallende Beispiele hiervon. „Der Mayor=Domo von Quiriquina," so erzählt er, „sagte mir, daß die erste Nachricht, die er von dem Erdbeben erhielt, die war, daß er mit seinem Pferde auf dem Boden herumrollte." In einem anderen Falle spielte man in einer kleinen Gesellschaft zu Coquimbo Karten, als einer von den Spielenden, ein Deutscher, aufstand und sagte, daß er nie in diesem Lande bei geschlossener Thüre sitzen wolle, da er darüber in Copiapo fast sein Leben verloren habe. Er öffnete die Thür, und kaum hatte er dies gethan, so rief er aus: „Da kommt es wieder," und ein mächtiges Erdbeben fing an. Alle entrannen. Die Gefahr bei Erdbeben liegt nicht in der Zeit, die man verliert, um eine Thür zu öffnen, sondern darin, daß sie durch die Bewegungen der Mauern leicht verrammelt wird. Beispiele solcher Art von plötzlichem Beginnen der Erschütterungen ließen sich noch gar viele beibringen.

Sechster Brief.

Erdbebenbewegung, Ausbreitungs=Region.

Erdbeben gehen entweder von einem Punkte, d. h. von einer verhältnißmäßig kleinen Stelle an der Erdoberfläche aus, oder sie verbreiten sich von mehreren Punkten zugleich, welche dann in der Regel in einer gemeinschaftlichen Richtung liegen.

Wir unterscheiden daher centrale und longitudinale oder lineare Erdbeben. Es ist oft sehr schwer zu ermitteln, ob ein Erdbeben von einem oder von mehreren Punkten zugleich ausgegangen ist, denn da, wie schon oben erwähnt, die Zeitbestimmungen nur sehr selten die wünschenswerthe Genauigkeit besitzen, so bleibt es in vielen Fällen unentschieden, ob das Erdbeben ein centrales oder lineares gewesen ist.

Von vorne herein sollte man erwarten, daß die Erschütterungen meist von einer mehr oder weniger ausgedehnten Linie zugleich ausgehen würden, denn es ist wahrscheinlicher, daß Bewegungen von der Tiefe nach oben hin in eine Linie zusammenfallen werden, in der sie ihre Wirkung äußern, als in einen Punkt. Dennoch wird uns viel häufiger berichtet, daß die Erschütterungen von einem Punkte ausgegangen seien, als von einer ganzen Linie von Punkten. Freilich nur selten nach unmittelbarer Wahrnehmung. Bei dem Erdbeben von Melfi wurde allerdings der Ausgang der Erschütterungen von jener Stadt direct beobachtet, denn alle Bewohner der Umgegend, welche im Augenblick des Erdbebens auf freiem Felde waren, sagten einstimmig aus, daß sie die Häuser auf dem Lande eines nach dem andern, je nach ihrer Entfernung von Melfi, haben fallen sehen. Auch für das Erdbeben am Niederrhein vom Jahre 1846 hat Noeggerath nachgewiesen, daß es ein centrales war. Der Centralpunkt muß für dasselbe ungefähr zu St. Goar am Rhein, halbwegs zwischen Coblenz und Bingen, angenommen werden. Und das aus zweierlei Gründen, erstens weil die Erschütterungen an diesem Orte und in seiner Umgebung am heftigsten waren, zweitens weil an diesen Punkten nach dem ersten heftigen Stoße in späterer Zeit, bis zum 10. August, noch mehrere schwächere Erschütterungen wahrgenommen wurden, von denen man aus anderen Gegenden keine Nachrichten erhalten hat. Bei den sorgfältigen Nachforschungen, welche Noeggerath vornahm, zeigte sich, daß die am heftigsten erschütterten Orte einen Kreis bildeten, dessen Mittelpunkt fast genau nach St. Goar fiel, und die Nachrichten, welche man über die schwächer heimgesuchten Orte erhielt, wiesen ebenfalls eine Ausdehnung nach, welche, wenn man sie in einen Kreis einschloß, ziemlich auf denselben Mittelpunkt

hinzeigte. Der kleinere Kreis umschloß eine Fläche von 113 Quadratmeilen (d. h. er hatte 12 Meilen Durchmesser), der größere umschloß 3848 Quadratmeilen (d. h. er hatte 70 Meilen Durchmesser). Die äußersten Punkte, an denen das Erdbeben verspürt wurde, waren Freiburg im Breisgau, Stuttgart, Würzburg, Coburg, Cassel, Göttingen, Pyrmont, Osnabrück, Ahaus bei Münster, Geldern, Gladbach, Aachen, Lüttich, Brüssel, Lahamaille, Mons, Givet, Arlon, Thionville, Metz, Nancy und Luneville. Der südlichste Ort ist Freiburg, der östlichste Coburg, der nördlichste Osnabrück, der westlichste Lahamaille. Freilich bleiben hierbei ansehnliche Stücke in Südosten, Südwesten und besonders in Nordwesten zwischen den äußersten Punkten des Kreises frei, aber diese Erscheinung erklärt sich bald, wenn man beachtet, daß die Erschütterung von einem Punkte ausging, dessen Gestein zu den ältesten Bildungen gehört, die wahrscheinlich unter den jüngeren Massen erst in bedeutenden Tiefen fortsetzen. So weit daher dieses Gestein und die mit ihm unmittelbar verbundenen älteren Bildungen, des Rheinisch-Westphälisch-Belgischen Schiefer- und Steinkohlen-Gebirges, an der Oberfläche vorkommen, ist die Erschütterung überall deutlich verspürt worden, ebenso auch in den zunächst daran stoßenden, ihm wahrscheinlich unmittelbar aufliegenden nächst jüngeren Bildungen; wo das ältere Gestein aber mit mächtigen Lagen viel jüngerer Art bedeckt ist, wie z. B. in der schwäbischen Alp, in den Argonnen und in dem niederländischen Flachlande, da sind die verhältnißmäßig schwächeren Bebungen nicht mehr von unten herauf bis an die Oberfläche gedrungen.

Auf gleiche Weise hat man bei vielen anderen Erdbeben wahrgenommen, daß die heftigsten Erschütterungen auf einen verhältnißmäßig kleinen Raum beschränkt waren, und daß, von diesem ausgehend, sie sich je weiter um so schwächer gezeigt haben. Diese unläugbare Thatsache spricht wesentlich für eine radiale Bewegung. Von dieser Erscheinung der radialen Erschütterung ausgehend, hat man den bewegten Landstrich mit dem Namen des Erschütterungskreises belegt und ist bei der Untersuchung eines Erdbebens in der Regel zunächst bestrebt die äußersten Punkte, an denen es noch bemerkt worden ist, festzustellen, und mit dem aus ihnen sich ergebenden Mittelpunkte

des Erschütterungskreises die Stellen zu vergleichen, an welchen die Erschütterungen am heftigsten gewesen sind. Nicht immer fallen beide Punkte zusammen, und das aus dem einfachen Grunde, weil sich der Fortpflanzung der Erschütterung oftmals auf einer Seite Hindernisse entgegenstellen, welche auf einer anderen nicht vorhanden sind. Darum weist die Heftigkeit der Bewegung immer am besten auf den Mittelpunkt der Kraftäußerung hin, und aus der unregelmäßigen Gestalt eines Erschütterungskreises ist weder mit Bestimmtheit auf den Mittelpunkt desselben, noch darauf zu schließen, daß das Erdbeben kein centrales gewesen sei.

Bei heftigen Erdbeben wird nicht selten auch an vielen verschiedenen Orten die Richtung der Erschütterungswellen so bestimmt wahrgenommen, daß man durch die Verlängerung derselben zu dem Punkte geführt wird, von dem sie ausgegangen sein müssen. Doch ist diese Art der Folgerung wohl nur dann erlaubt, wenn man es mit hinreichend beglaubigten Beobachtungen zu thun hat. Wären an zahlreichen Orten Seismometer aufgestellt, so könnte man allerdings sichere Angaben hierüber haben, da aber bis jetzt nur sehr wenige Instrumente dieser Art existiren*), so ist man auf die sehr unsicheren Angaben ungeübter Beobachter beschränkt. Am sichersten sind natürlich Angaben aus Gegenden, wo Erdbeben nicht selten vorzukommen pflegen, und bei Berichten über Erdbeben im südlichen Italien hat man daher nicht selten eine genaue Uebereinstimmung zwischen der Angabe der Richtung, aus der die Stöße gekommen sein sollten, und den Punkten der größten Zerstörung gefunden. Bei schwächeren Erdbeben in unseren, selten erschütterten Gegenden ist indeß eine solche Uebereinstimmung, wie schon oben erwähnt, bisher nicht gefunden worden. Auch mögen schwächere Erschütterungen leichter durch locale Hindernisse aus ihrer ursprünglichen Richtung gelenkt werden.

Merkwürdig ist die Erscheinung wandernder Mittelpunkte, welche in einer bestimmten Richtung fortzuschreiten pflegen. Bei dem großen Erdbeben von Calabrien im Jahre 1783 will

*) So viel ich weiß, ist nur auf der Sternwarte zu Palermo ein solches in Thätigkeit.

man diese Erscheinung beobachtet haben, indem die Stöße zuerst von der Stadt Oppido aus, einige Tage später von Soriano und nach mehreren Wochen von Girifalco sich verbreiteten. Diese drei Städte liegen ziemlich genau in einer geraden Linie, welche mit dem Zug der Gebirgskette von Calabrien parallel läuft. Es hätte sich also dieses äußerst heftige Erdbeben am Rande der calabrischen Kette allmälig von Südwest nach Nordost fortgerückt.

Bei den longitudinalen oder linearen Erdbeben gehen die Erschütterungen entweder von einer kleineren Stelle oder einem Punkte (der gewöhnliche Fall), oder sie gehen von mehreren Punkten zugleich, d. h. von einer deutlichen Linie aus (der seltenere Fall), verbreiten sich aber nur nach zwei einander entgegengesetzten Richtungen. Diese letztere Art der Bewegung hat man auf sehr anschauliche Weise mit den Wellenbewegungen eines schlaff gespannten Seiles verglichen. Meist pflegen solche lineare Erdbeben am Rande von Gebirgszügen aufzutreten und ins Besondere da, wo ein verhältnißmäßig schmaler Küstenstrich am Rande größerer Gebirge hinzieht. Im südlichen Amerika z. B. setzen sich die Erdbeben am Rande der Cordilleren in der Regel in linearer Weise fort, und diese eigenthümliche Erscheinung tritt ebenso in Venezuela von West nach Ost, als in Peru und Chile von Süd nach Nord, und umgekehrt auf.

Bei dem oben schon erwähnten Erdbeben in Peru, das im Jahre 1746 eintrat, ging die Bewegung offenbar von Lima und der Hafenstadt Callao aus und pflanzte sich von diesem Striche sowohl gegen Norden, als gegen Süden fort. Es wird ausdrücklich angeführt, daß die am Meeresstrande aufgestellten Wachtposten die Erschütterung immer schwächer und auch wohl später verspürten, je weiter sie von Callao entfernt waren. Man kann indeß gerade diese Art der Erscheinung auf die centrale Fortpflanzung zurückführen und somit diese Erdbeben auch noch als centrale ansehen, bei denen jedoch nur ein Theil der Wirkung uns zur Anschauung gekommen ist.

Anders verhält es sich mit den linearen Erdbeben, welche wirklich von einer zugleich erschütterten Linie aus sich verbreiten, die man auch transversale genannt hat. Die Bewegungen

sind hierbei dem geraden Wellengange eines vom Winde bewegten Meeres zu vergleichen, indem ein paralleler Strich nach dem andern von der Erschütterung ergriffen wird. Erst in neuester Zeit ist man auf diese Verbreitungsart aufmerksam geworden, hat sie aber sehr bestimmt in mehreren Fällen nachgewiesen. So haben die Brüder Rogers dieses für das nordamerikanische Erdbeben vom 4. Januar 1843 gethan. Ein großer Theil der Vereinigten Staaten, von Natchez bis Jowa und von Süd-Carolina bis an die westlichen Staatengrenzen, wurde von demselben ergriffen. Eine sorgfältige Untersuchung zeigt, daß die Erschütterung von einer Linie ausging, welche von Nordnordost gegen Südsüdwest verlief, so daß Cincinnati, Nashville und die westliche Grenze von Alabama von ihr durchschnitten wurden. Von ihr aus pflanzte sich die Bewegung in parallelen Linien fort, so daß sie allmälig weiter gegen Westsüdwest und gegen Ostnordost fortrückte. Dieselbe Art der Erscheinung hat sich auch bei dem Erdbeben gezeigt, welches einige Wochen später, am 6. Februar, die Insel Guadeloupe verheerte und seine Wirkungen bis zu den Bermudas-Inseln im atlantischen Ocean und bis nach Cayenne verspüren ließ, doch kam hierbei die merkwürdige Erscheinung vor, daß die Fortpflanzung nur auf der einen Seite dieser Linie auftrat.

Was die Ausbreitung der Erdbeben, abgesehen von der Erschütterung, anbetrifft, so müßte man wohl von vorn herein erwarten, daß die heftigsten Erdbeben auch die am weitesten verbreiteten sein würden. Wenn diese Annahme nun auch im Allgemeinen zutrifft, da man nicht sagen kann, daß schwache Erdbeben sich je über so große Länderstrecken ausgebreitet hätten, als die heftigsten, so fällt die Thatsache doch in vielen Fällen in die Augen, daß sehr heftige Erschütterungen sich verhältnißmäßig nur in einem kleinen Kreise fühlbar gemacht haben, während viele schwächere sich über einen viel größeren Raum verbreiteten. Man könnte wohl von diesen Beobachtungen ausgehend allgemeine und locale Erdbeben unterscheiden, da aber von den kleinsten localen Erschütterungen an bis zu den großartigsten Phänomenen dieser Art Abstufungen in jeder Weise vorkommen, so zerfließt eine solche Unterscheidung von selbst wieder. Auffallend große Verbreitung haben sowohl

centrale als lineare Erdbeben gezeigt. Von centralen Erdbeben bietet dasjenige, durch welches Lissabon im Jahre 1755 zerstört wurde, eines der auffallendsten Beispiele großartiger Verbreitung, da der Erschütterungskreis desselben auf 700,000 Quadratmeilen angenommen werden kann.

Ausgebreitete Erschütterungen haben oft die Umgebungen des Mittelländischen Meeres erfahren. Schon Amianus Marcellinus berichtet von einem Erdbeben, welches 365 oder 366, während der Regierung des Kaisers Valentinian I., fast alle Theile des damals bekannten Festlandes ergriff. Er erwähnt speciell der Erscheinungen in Aegypten, Kleinasien, Griechenland und Sicilien, und nach einigen Nachrichten soll es dieses Erdbeben gewesen sein, welches den Tempel zu Delphi zerstörte. Die Erdbeben, welche in Syrien so häufig sind, haben sich oftmals östlich bis nach Persien hinein und westlich bis zum atlantischen Ocean, sowohl in Afrika als in Europa, fühlbar gemacht.

Ein nicht sehr heftiges, aber doch weit verbreitetes Erdbeben, war das schon oben erwähnte, welches sich am 24. November 1829 im südlichen Rußland, in Siebenbürgen, der Moldau und Wallachei zeigte. Die westlichsten Punkte der erschütterten Gegend lagen im Banat, d. h. in dem Gebirgsabfall zwischen dem südwestlichsten Theile von Siebenbürgen und der Donau, die Grenze der bekannt gewordenen Beobachtungen geht von hier über Hermannstadt und Czernowitz nach Kiew, als dem nördlichsten Punkt, wendet sich dann südlich bis Jekaterinoslaw und kehrt über die Mündung des Dniepr, Odessa und Akiermann zur unteren Donau zurück. Sieht man von den unsicheren Angaben aus dem Banat ab, so bildet dieses Terrain zwischen Bukarest, Hermannstadt, Kiew, Jekaterinoslaw und Odessa einen Halbkreis, dessen Mittelpunkt bei einem Radius von 60 Meilen zwischen Odessa und Akiermann liegt, eine Fläche von 5—6000 Quadratmeilen einnehmend. Aus der Krim besitzen wir leider keine Nachrichten, ob das Erdbeben auch dort verspürt worden ist. Sehr bemerkenswerth ist es, daß die heftigsten Erschütterungen sich nicht im Mittelpunkt dieser Gegend, sondern an einem Ende derselben, in der Wallachei gezeigt haben. In Kimpina, zwischen Bukarest und

Kronstadt, stürzte eine Kirche ein und in Bukarest wurden 115 Häuser unbewohnbar, und 15 so stark beschädigt, daß man nicht wagen durfte, sie zu betreten. Leider haben wir nur von Odessa eine genaue Zeitangabe, auch sehr widersprechende Daten über die Richtung der Stöße, doch deutet die Angabe, daß man in der Gegend von Bukarest schon Tags vorher Erschütterungen empfunden habe, von denen alle übrigen Nachrichten schweigen, darauf hin, daß hier der Ausgangspunkt zu suchen sei.

Außerordentlich weit pflanzen sich Erschütterungen im Meere fort. Das Erdbeben von Chile, das am 7. Nov. 1837 eintrat, setzte sich im Stillen Ocean, von der amerikanischen Küste, unter 40° südl. Breite, bis zu den Schiffer-Inseln, unter 12° südl. Breite, und zu den Sandwich-Inseln, unter 20° nördl. Breite, fort, dabei im ersten Falle 80, im zweiten 100 Längengrade durchlaufend. Auf allen berührten Inselgruppen bewirkte es heftige Aufregungen des Meeres, die sich in schnell wiederholtem Steigen und Fallen äußerten. Auf den Vavao-Inseln wiederholte sich diese Bewegung während 36 Stunden alle 10 Minuten. Auf Owahu, einer der Sandwich-Inseln, dauerten die Schwankungen die ganze Nacht hindurch bis zum Vormittag des folgenden Tages. Auf Hawai, einer anderen Insel dieser Gruppe, fiel das Wasser zuerst um 9 Fuß, stieg dann aber plötzlich bis 20 Fuß über den gewöhnlichen Fluthstand.

So wie indessen im Meere die Massen der Inseln und Continente der Verbreitung der Bewegung im Gewässer eine Grenze setzen, so scheinen in vielen Fällen die Gebirge des Festlandes die Fortpflanzung der Erschütterungen zu hemmen. Schon oben wurde bemerkt, daß man Beobachtungen hat, welche darauf hinweisen, daß die Erdbeben sich leichter und gleichförmiger in Massen desselben Gesteins verbreiten, als durch verschiedenartige hindurch, und zahlreiche Beispiele liegen dafür vor, daß Erdbeben von ausgedehnteren Gebirgsketten aufgehalten worden sind. Nicht selten laufen die Erschütterungen an den Gebirgsketten entlang, und viele Fälle sogenannter linearer Erdbeben sind wohl nur centrale, welche auf diese Weise modificirt erscheinen. Auch bei ihnen ist die Ausbreitung nichts

desto weniger oft eine sehr bedeutende, und an der Westküste Südamerika's sind Erdbeben vorgekommen, welche sich über mehrere hundert Meilen fortgepflanzt haben. Das Erdbeben vom 19. November 1822, welches die Städte Valparaiso, Melipilla, Quillota und Casablanca zum großen Theil zerstörte, wurde von Concepcion bis Callao, also vom 36. bis zum 12. Grad südlicher Breite, auf einer Strecke von 360 Meilen als Stoß wahrgenommen, wobei sich wieder die eigenthümliche Erscheinung zeigte, daß die heftigsten Erschütterungen am Südende dieses Gebietes auf einem verhältnißmäßig kleinen Raum auftraten. Eine Erklärung hierfür läßt sich wohl darin finden, daß die vulkanischen Gebiete, aus denen diese Erdbeben offenbar herstammen, sich weit gegen Norden fortsetzen, während sie im Süden nach wenigen Breitengraden bei dem Vulkane von Osorno ihr Ende erreichen. Denn das Feuerland enthält keine Feuerberge mehr.

Auch die Erdbeben, welche in Venezuela so häufig sind, pflegen sich entweder nur auf der einen Seite des west-östlichen Gebirgszuges zu zeigen, oder, bei sehr heftigen Bewegungen, auf beiden Seiten, aber doch immer der Richtung des Gebirges folgend. Das heftige Erdbeben von Calabrien im Jahre 1783 hielt sich besonders auf der Westseite der Kette, welche Calabrien von Norden nach Süden durchsetzt. Auch über die Erdbeben in den Pyrenäen haben wir ausführliche Zusammenstellungen, welche unzweifelhaft darthun, daß Erschütterungen weit häufiger auf der Südseite des Gebirges vorkommen, als innerhalb desselben oder auf der Nordseite. Auf der Südseite liegen die erloschenen Vulkane von Olot. Noch viele andere Beispiele würden sich anführen lassen, welche beweisen, daß die Verbreitung der Erschütterungen nicht bloß von der Heftigkeit der Aeußerung an einer Stelle, sondern eben so wesentlich von der Gleichförmigkeit oder Verschiedenheit der Gesteine abhängig ist, welche den Erschütterungs-Mittelpunkt umgeben, so wie von der einfachen oder verwickelten Structur, in der sie sich befinden.

Daß Erdbeben sich quer über größere Gebirgsketten fortpflanzen, ist nur eine Ausnahms-Erscheinung. Wenn es der Fall ist, so treten die Erschütterungen jenseits des Gebirges stets in viel geringerem Grade auf. Es ist sehr wohl bekannt,

daß die Städte auf der Ostseite der südamerikanischen Cordilleren, Mendoza, San Juan, Cochabamba, Potosi u. a. viel weniger durch die Erdbeben zu leiden haben, als die Städte des westlichen Küstenstriches. Aehnlich verhalten sich die Apenninen, Pyrenäen und Alpen, doch kommen mitunter auch Beispiele vor, daß Erdbeben quer oder schräg über eine Gebirgskette fort sich verbreitet haben. So setzte 1828 am 9. October ein heftiges Erdbeben über den Rücken fort, welcher nördlich von Genua Alpen und Apenninen mit einander verbindet. Die ganze Gegend zwischen Genua und Voghera, allerdings der niedrigste Theil dieses Höhenzuges (die Höhe der Eisenbahn bei Busalla beträgt nur 1120 Fuß), wurde stark erschüttert, und die Bewegung pflanzte sich besonders gegen Nord und Südwesten bis Turin und Marseille, wenig gegen Osten fort. Man sollte hier eigentlich nicht den Ausdruck „fortpflanzen" gebrauchen, sondern sagen „die Bewegung äußerte sich", denn obgleich die Erschütterungen in der Gegend von Genua am heftigsten waren, so ist es doch gar nicht erwiesen, daß sie von diesem Punkte ausgegangen sind. Im Gegentheil wird es in diesem Falle wahrscheinlich, daß die Bewegung ihren eigentlichen Sitz in den Ligurischen Alpen hatte und sich nur an dem Ostende derselben am heftigsten äußerte.

Man hat versucht auch einen Einfluß großer Thäler auf die Richtung und Verbreitung der Erdbeben nachzuweisen, und allerdings scheint derselbe mitunter sich geltend zu machen, da jedoch den größeren Strömen ihre Richtung stets durch benachbarte Gebirge vorgezeichnet wird, so ist es wahrscheinlicher, daß der Einfluß auf die Verbreitung der Erschütterungen in der Lage der Gebirge, als in der Richtung der Flußthäler zu suchen sei. Wo schmale und tief eingeschnittene Flußthäler mitten im Gebirge vorkommen, oder wo zwei verschiedene Gebirgsmassen, die doch nicht verbunden sind, hart an einander stoßen, da scheinen allerdings Verhältnisse vorhanden zu sein, welche Erschütterungen leichter von Innen hervorkommen lassen, als es an anderen Stellen möglich ist. Die tiefen Thäler von der Etsch und Rhone in den Alpen, das Rheinthal zwischen Bingen und Düsseldorf, der schmale Zwischenraum zwischen Schwarzwald und Vogesen von Basel bis gegen Carlsruhe, das sind

Gegenden, in denen ganz besonders häufig schwächere Erschütterungen vorzukommen pflegen. Heftige Bewegungen in den tieferen Lagen unserer Erdrinde werden sich durch alle Hindernisse der Bedeckung nach oben fortpflanzen, schwächere dagegen werden nur da zum Vorschein kommen, wo die Communication für sie erleichtert ist.

Ebenso wie die Erschütterung pflanzt sich auch das Getöse bei den Erdbeben auf weiten Strecken fort. In vielen Fällen hat man überall, wo man Erschütterungen wahrnahm, auch das begleitende Geräusch gehört, in anderen hat man das Geräusch gehört, aber keine Bewegung bemerkt, in noch anderen sind die Stöße ohne Geräusch eingetreten. Schon oben wurde des Getöses erwähnt, welches man in den Llanos von Venezuela im Jahre 1812 gehört hat, so wie der retumbos der mittelamerikanischen Vulkane, welche sich über weite Strecken verbreiten, eines der auffallendsten Beispiele aber von der Verbreitung unterirdischer Detonationen lieferte ein Ausbruch des Vulkans von Tomboro auf der Sunda-Insel Sumbava. Man hörte das unterirdische Gebrüll des Berges ebensowohl auf dem 200 Meilen entfernten Sumatra, als auf dem in entgegengesetzter Richtung 150 Meilen weit ab liegenden Ternate. Es ist durchaus nicht anzunehmen, daß Geräusche sich auf solche Ferne durch die Luft fortpflanzen und noch hörbar bleiben könnten.

Schließlich mag hier noch die Erwähnung einer Ansicht stehen, die man in neuerer Zeit auf eine leichte Weise zu begründen versucht hat, daß die Erdbeben nämlich einen ringförmigen Verlauf hätten. Nach einigen, zum Theil nur unvollkommen untersuchten, zum Theil mit nicht nur zufälliger Auslassung von Thatsachen angeführten Beispielen sollen die durch sorgfältige Erwägung festgestellten Regeln umgestoßen werden. Auf solche Weise schafft man neue Regeln, indem man Ausnahme-Erscheinungen zur Regel erhebt, dabei jedoch die große Zahl der übereinstimmenden Thatsachen in das Gebiet der Ausnahmen hinausstößt. Damit ist nichts für unsere Einsichten gewonnen.

Siebenter Brief.

Antheil der Atmosphäre an den Erdbeben.

Nicht selten wird man die Meinung aussprechen hören, daß außergewöhnliche Erscheinungen in Witterung und Atmosphäre mit Erdbeben und Vulkanen im Zusammenhange stehen mögten. „Gewiß hat irgendwo die Erde wieder gebebt,“ hört man sagen, wenn lange Regen oder anhaltende Trockniß oder plötzliche große Stürme die besondere Aufmerksamkeit der Menschen erregt haben. Da nun die Erde überhaupt nicht selten bebt, so trifft eine solche Voraussetzung häufig zu, aber das zeitliche Zusammentreffen beider Erscheinungen ist darum noch kein Beweis für eine ursachliche Verbindung, in der sie stehen sollen.

Humboldt sagt in seinen Relations historiques: „Es ist eine sehr alte, und zu Cumana, Acapulco und Lima sehr verbreitete Ansicht, daß eine merkbare Beziehung zwischen den Erdbeben und dem Zustande der Atmosphäre, welcher denselben vorausgeht, stattfinde. An den Küsten von Neu-Andalusien beunruhigt man sich, wenn bei sehr heißem Wetter und nach langer Trockenheit der Seewind plötzlich zu wehen aufhört, und wenn sich am Himmel, frei von Wolken im Zenith, in etwa 6—8° Höhe über dem Horizont ein röthlicher Dampf zeigt. Diese Vorzeichen sind indeß äußerst ungewiß, und wenn man sich an die Verbindung der meteorologischen Veränderungen erinnert, in den Epochen, in welchen die Erdrinde am meisten beunruhigt war, so überzeugt man sich, daß heftige Stöße sowohl bei trockenem, als bei nassem Wetter, bei frischem Winde ebenso wie bei drückender Windstille eingetreten sind. Nach der großen Zahl von Erdbeben, deren Zeuge ich gewesen bin, sowohl südwärts als nordwärts vom Aequator, auf dem Festlande sowohl als auf dem Meere, an den Küsten wie in 15000 Fuß Höhe, war ich sehr geneigt zu glauben, daß die Schwingungen des Erdbebens im Allgemeinen unabhängig sind von dem vorhergehenden Zustande der Atmosphäre, und dies ist auch die Meinung vieler unterrichteter Personen in den spa-

nischen Colonien, deren Ansichten sich auf eine größere Zahl von Erfahrungen gründen, als die meinigen."

Dennoch wird uns in den Beschreibungen vieler ausgezeichneter Erdbeben von außergewöhnlichen Witterungs-Verhältnissen berichtet, welche den Erschütterungen vorangingen oder im Verlauf und Gefolge derselben eintraten, und es verdient daher wohl der Erwähnung, daß manche Fälle auffallend zu sein scheinen. Der englische Reisende Shaw erwähnt, daß auf der Nordküste von Afrika, besonders im Gebiet von Algier, die Erdbeben fast immer einen oder zwei Tage nach starkem Regen eintreten. Dieselbe Beobachtung wird mehrfach von Jamaica berichtet, während andererseits zahlreiche Fälle aufgeführt werden können, in welchen das Wetter gerade die entgegengesetzten Erscheinungen zeigte. Dem Erdbeben von Carracas ging eine fast beispiellose Dürre von fünf Monaten vorher, und vor dem großen Erdbeben von Cumana hatte es in 15 Monaten fast gar nicht geregnet. Ueberhaupt fürchtet man in diesen Gegenden das Auftreten von Erdbeben, wenn während einer längeren Zeit kein Regen gefallen ist.

Dagegen ist es eine gewöhnliche Erscheinung in diesen Gegenden, daß starke und reichliche Regen den Erdbeben zu folgen pflegen. In ganz Venezuela, auf der Hochebene von Quito und an den Küsten von Peru soll diese Erscheinung regelmäßig eintreten, so daß heftigen Erschütterungen gewöhnlich auch starke Anschwellungen der Ströme folgen, welche nach der vorangegangenen Dürre das Land befruchten und die Vegetation üppig hervorrufen. Jahre heftiger Erdbeben sind deshalb auch, wie Humboldt ausdrücklich erwähnt, in jenen Gegenden in der Regel von außerordentlicher Fruchtbarkeit begleitet. Diese segensreiche Erscheinung veranlaßt die Indianer, deren leichte Hütten nur wenig von den Erdstößen zu leiden haben, die Erinnerung an solche Erdbeben-Jahre durch Dank- und Freuden-Feste zu begehen, während die Europäer Processionen und Bußübungen anstellen, um die Wiederkehr derselben Katastrophen von sich fern zu halten.

Auf eine auffallende Weise hat sich die Verbreitung von trockenen Nebeln vor oder nach großen Erdbeben einige Mal bemerklich gemacht. So im Jahre 1783 nach dem großen Erd-

beben von Calabrien. Diese Nebel zeigten sich in Calabrien zuerst im Februar, verloren sich nach einiger Zeit wieder, verbreiteten sich aber von dort aus auf's Neue im Juni, und blieben mit geringen Unterbrechungen, in denen die heftigsten Gewitter und Platzregen eintraten, bis zum Herbst stehen. Das Charakteristische dieses Nebels war, daß er keine Feuchtigkeit niederschlug, nicht nahe stehende Gegenstände dem Auge verbarg, sondern nur die blaue Farbe des Himmels ihrer Tiefe beraubte, und der ganzen Atmosphäre ein lichtgraues Ansehen verlieh. Ferne sonst blau erscheinende Berge überzog er mit einem weißlichen Schleier, so daß man solche, an denen man bei gewöhnlicher Luft noch die Wälder von den kahlen Stellen wohl unterscheiden konnte, kaum zu erkennen vermogte; der Sonne gab er, wenn sie beim Auf- und Untergange noch mehrere Grade über dem Horizonte stand, eine blutrothe Farbe, ja in seiner größten Stärke machte er sie wohl eine halbe Stunde vor ihrem eigentlichen Untergange schon völlig unsichtbar. Und dabei war er immer von einem eigenthümlichen, brenzlichen Geruch begleitet. Dieser Nebel erschien in einem großen Theile von Europa, in ganz Deutschland, Frankreich, Spanien und Italien, selbst auf den Azoren, im nördlichen Afrika und westlichen Asien wurde er bemerkt. Er hielt den größten Theil des Sommers hindurch an. In Unter-Italien war er am stärksten, besonders in Calabrien und auf dem anstoßenden Meere. Dort bewirkte er am Tage eine wahre Finsterniß, man mußte in den Häusern Licht anzünden und auf dem Meere stießen Barken aneinander, so daß sogar eine auf diese Weise zu Grunde ging.

Eine so auffallende Naturerscheinung war wohl geeignet, die Frage nach ihrem Ursprunge anzuregen und das große Erdbeben vom Februar, so wie der furchtbare Ausbruch des Vulkans Skaptar Jökul auf Island im Juni desselben Jahres legten eine Verbindung mit diesem Natur-Phänomen sehr nahe. Merkwürdiger Weise wiederholte sich diese Erscheinung in fast eben so großer Ausdehnung im Sommer des Jahres 1831, um dieselbe Zeit, als zwischen Sicilien und Afrika sich eine neue Insel aus dem Meere erhob. Erdbeben, wenn auch keine sehr ausgedehnten, hatten das Hervortreten der Insel begleitet und vulkanische Ausbrüche fanden aus ihrem Krater Statt.

Die Nebelbildung trat auf Sicilien fast gleichzeitig mit der Bildung der Insel ein und verbreitete sich darauf über ganz Europa, sogar bis nach Sibirien und Nord-Amerika. Sie erregte die allgemeine Aufmerksamkeit durch die langen Abenddämmerungen, welche sie verursachte, und durch die starke Abendröthe, welche jene begleitete. Auch bei dem Erdbeben von Lissabon wird von einem solchen Nebel berichtet, der vor und während der Katastrophe die Luft der Umgegend mit einem röthlichen Schein erfüllte, der sonst in diesen Gegenden nicht gewöhnlich ist.

Das Vorkommen von heftigen Gewittern oder plötzlichen starken Windstößen vor, während oder unmittelbar nach Erdbeben wird oftmals angeführt, und in manchen Fällen allerdings von einer auffallenden Weise berichtet, in der dieselben eintraten, doch sind wiederum noch viel mehr Fälle bekannt, in welchen nichts von derartigen Erscheinungen beobachtet wurde. Schlagend zeigte sich die Unabhängigkeit dieser meteorischen Vorgänge von den Erdbeben durch die Angabe, daß bei dem Erdbeben von Calabrien das Wetter auf dem italienischen Festlande völlig still und heiter war, während in der Meerenge von Messina, über welche sich das Erdbeben nach Sicilien fortsetzte, ein heftiges Gewitter ausbrach.

Zu einem merkwürdigen Resultate gelangte Fr. Hoffmann durch Untersuchung von 57 Erdbeben größerer Art, welche im Verlauf von 40 Jahren zu Palermo beobachtet worden waren, und Vergleichung derselben mit den meteorologischen Journalen der dortigen Sternwarte. Es ergab sich nämlich, wenn man für diese 57 wohl beobachteten Fälle die Windrichtungen bestimmte, bei denen sie eingetreten waren, daß:

17 Fälle bei Nordostwind,
15 „ „ Südwestwind,
11 „ „ Westwind

vorgekommen waren, daß also 43 Fälle oder ¾ überhaupt, auf diese drei Winde und 32 Fälle, oder reichlich ½, auf die zusammenfallenden nur entgegengesetzten Richtungen von Nordost und Südwest kamen. Hier schien ein Zusammenhang sehr bestimmt angedeutet, und man war geneigt, in dieser unläugbaren Thatsache etwas Gesetzmäßiges zu finden, bis sich ergab, daß

gerade diese Windrichtungen die gewöhnlich herrschenden, zum Theil regelmäßig wechselnden See- und Landwinde in jener Gegend sind. Auch sagt der Abbate Scina in seinem Berichte über die zahlreichen Erschütterungen, welche 1818—1819 in der Bergkette der Madonia Statt fanden: „die Erdbeben fielen vor, theils bei heiterem, theils bei bewölktem Himmel, bei warmem und bei kaltem Wetter, mit und ohne Regen und beim Wehen des Windes aus jeder beliebigen Richtung. Nichtsdestoweniger gab es in allen diesen kleinen Bergstädten Niemand, welcher nicht fortwährend angelegentlich nach dem Zustande des Himmels und der Luft geforscht hätte, und jeder Ort schien von Wetterpropheten bewohnt zu werden. Denn aus der Dunkelheit der Luft, aus der Ferne und Farbe der Wolken oder aus andern ähnlichen Zeichen schmeichelten sie sich, ihnen scheinbar ganz untrügliche Anzeichen von bevorstehenden Erdbeben ableiten zu können."

So sieht man denn wohl ein, daß von einem nachweisbaren und gesetzmäßigen Zusammenhange der Erdbeben mit gewissen Erscheinungen in der Atmosphäre nicht die Rede sein kann, und diese Ansicht wird durch die Anführung gewisser Beispiele nicht umgestoßen werden. Denn bei der großen Ausdehnung vieler Erdbeben begreift sich wohl, daß es immer gelingen wird, aus dieser oder jener Gegend eines erschütterten Landstriches Witterungsverhältnisse anzuführen, welche der einen oder der andern vorgefaßten Meinung entsprechen.

Was das Verhalten des Luftdruckes vor und während der Erdbeben anbetrifft, so besitzen wir zahlreiche Daten für die Beurtheilung dieser Fragen. Das Barometer ist dasjenige meteorologische Instrument, welches am meisten geeignet ist, uns über alle in einiger Ausdehnung in der Atmosphäre vorgehenden Veränderungen Rechenschaft abzulegen, und wir dürfen daher erwarten, daß es uns nicht ohne Anzeichen lassen wird, wenn eine Beziehung zwischen dem Auftreten der Erdbeben und dem Zustande des Luftdruckes besteht. Hier findet sich eine, bereits seit den Zeiten, in welchen das Barometer zuerst mit Aufmerksamkeit beobachtet wurde, verbreitete Ansicht, daß der Luftdruck sich bei Erdbeben vermindere und zwar so, daß ein schnelles Sinken des Barometers als Vorbote oder un-

mittelbarer Begleiter der Erschütterungen müsse betrachtet werden. Zwar haben wir nur von wenigen Punkten derjenigen Gegenden, welche am häufigsten von Erdbeben heimgesucht werden, fortlaufende Verzeichnisse der Barometer-Stände, aber in einigen Fällen hat sich doch ein für die Beurtheilung der Thatsachen völlig ausreichendes Material zusammenbringen lassen.

Aus älterer Zeit haben wir in der Regel nur sehr unvollkommene Nachweise. So z. B. über den Fall, in welchem bei dem Erdbeben zu Oran (wahrscheinlich vom Jahre 1790) ein Apotheker sich und seine Familie wenige Minuten vor dem Einsturz seines Hauses rettete, weil er zufällig in dem Barometer die Quecksilbersäule auf eine ganz ungewöhnliche Weise sich verkürzen sah. Ebenso war bei dem Erdbeben in England vom Jahre 1795 das Barometer vom 17. zum 18. November in 24 Stunden von 30,23″ auf 28,63″, also um 1,60 Zoll gefallen, fing vor dem Erdbeben bereits wieder ein wenig zu steigen an und stand während desselben auf 28,8″ englisch. Ein genauer bekannt gewordenes Beispiel lieferte das niederrheinisch-belgische Erdbeben vom 23. Febr. 1828. Egen hat für dasselbe eine Vergleichung der Barometer-Journale von Paris und Soest ausgeführt, welche beide Punkte die Hauptausdehnung des Erdbebens zwischen sich hatten. Das Barometer hatte an beiden Orten schon 6 Tage vor dem Eintritt des Erdbebens angefangen zu sinken, erreichte in Paris 2 Tage, in Soest am Abend vor dem Erdstoß den tiefsten Stand des ganzen Monats und blieb in Soest, welches dem Mittelpunkt der heftigsten Bewegung viel näher lag als Paris, auch während desselben noch unter dem mittlern Stand des Monats. Aus den zwischen diesen beiden Endpunkten gesammelten Nachrichten ergiebt sich, daß in der ganzen Gegend der Gang des Barometers wesentlich derselbe war, von außerordentlichen Witterungserscheinungen wird aber Nichts erwähnt.

Der Rathsherr Merian von Basel hat eine vergleichende Uebersicht der Barometerstände gegeben, welche bei 22 seit dem Jahre 1755 in Basel verspürten Erdbeben beobachtet worden sind. Von diesen Erdbeben waren 9 über einen größeren Erdstrich verbreitet, 13 blieben mehr auf die unmittelbare Umgebung von Basel beschränkt. Bei den ersteren zeigte sich kein auffal-

lender Barometerstand zu Basel, was zu erwarten war, da deren Ursache in allgemeinen Veränderungen gesucht werden muß und daher wohl kaum mit dem localen Luftdruck an einem gegebenen Orte in Beziehung stehen kann, bei den letzteren zeigen 5 ebenfalls nichts Besonderes in Hinsicht des Barometerstandes, 8 aber fallen mit einem auffallend niedrigen Stande oder einer auffallend schnellen Aenderung desselben zusammen. „Dieses Ergebniß, sagt Merian, ist gewiß beachtenswerth, denn ein auch noch in geringerem Maaße Statt findendes Zusammentreffen des seltenen Phänomens eines Erdstoßes mit dem verhältnißmäßig seltenen Vorkommen eines sehr niedrigen Barometerstandes oder einer sehr schnellen Aenderung desselben bliebe auffallend und ließe auf einen Zusammenhang der Ursachen beider Ereignisse schließen."

Wenn sich aus den vorstehenden Angaben zu folgern scheint, daß ein Sinken des Barometerstandes, wenn nicht die Regel, so doch eine häufige Erscheinung bei Erdbeben sei, so stehen dieser Annahme andere Beobachtungen entgegen. Zunächst die, daß sowohl Humboldt als Boussingault bei ihren Barometer-Beobachtungen unter den Tropen die dort so regelmäßigen täglichen Schwankungen auch bei den heftigsten Erdbeben ganz ungestört gefunden haben. Es scheint mir diese Beobachtung ein großes Gewicht zu besitzen. Denn wenn die Erdbeben einen irgend erheblichen Einfluß auf den Zustand der Atmosphäre hätten, dann könnte doch das regelmäßige Steigen und Fallen des Barometerstandes nicht ohne Störung bleiben. Welcher Art sollte ein äußerer Einfluß sein, der das Gleichgewicht des Druckes nicht störte? Bei den wiederholten Erderschütterungen, welche die Grafschaft Pinerolo in Piemont im Frühling des Jahres 1808 verheerten, kam die zu einer näheren wissenschaftlichen Untersuchung abgesandte Commission der Turiner Akademie zu demselben Resultate. Man beobachtete mehrere Erdbeben an den Stellen der heftigsten Erschütterung, konnte aber nie eine Beziehung zwischen den Stößen und dem Gange des Barometers auffinden.

Von vielem Interesse ist in dieser Beziehung eine Arbeit, welche Fr. Hoffmann über die von 1792 bis 1831 zu Palermo beobachteten Erdbeben ausführte, bei welcher er den gro-

ßen Vortheil hatte, das vortrefflich geführte meteorologische Journal der dortigen Sternwarte benutzen zu können, das alle regelmäßigen so wie unregelmäßigen Schwankungen des Barometerstandes ungemein schön übersehen ließ. Der Erdbebenfälle waren, wie schon oben erwähnt, 57. Von diesen zeigte sich das Barometer:

sinkend in 20 Fällen,
steigend in 16 Fällen,
auf einem Minimum in 7 Fällen,
auf einem Maximum in 3 Fällen,
unbestimmt in 11 Fällen.

Sinkender Barometerstand ist also vorhanden in 27, steigender in 19 Fällen. Da aber noch 11 unentschiedene Fälle bleiben, so ist das Resultat nicht entschieden genug, um in dieser Form eine bestimmte Folgerung zuzulassen. Wenn man dagegen die Barometerstände bei den Erdbeben mit den mittleren Ständen der Monate, in denen sie vorfielen, verglich, so zeigte sich der Stand während der Erdbeben

über dem monatlichen Mittel in 31 Fällen,
unter dem monatlichen Mittel in 24 Fällen,
in dem monatlichen Mittel in 2 Fällen.

Ganz ähnlich, fast gleich, war das Verhalten gegen das Jahres-Mittel. Zu bemerken wäre nur noch, daß

der höchste Stand über dem Jahres-Mittel = 3,87'''
der niedrigste Stand unter dem Jahres-Mittel = 6,76'''.

Es zeigt sich also allerdings, daß das Barometer in den äußersten Fällen sich viel tiefer unter dem mittleren Werthe befunden hat, als es in den entgegenstehenden Fällen über denselben gestiegen ist. Auch mag noch erwähnt werden, daß bei dem einzigen bedeutenden Erdbeben dieser Epoche, das am 5. März 1823 eintrat und zu Palermo vielen Schaden anrichtete, das Barometer sich anhaltend während des ganzen Monats unter dem Jahres-Mittel gehalten hat. Als End-Resultat dieser Arbeit kann man wohl annehmen, daß neben einer unläugbaren, wenn auch schwachen Neigung des Barometers zum Sinken, weder in dem relativen Stande desselben bei Erdbeben, noch in der Größe seiner Schwankungen, etwas Eigenthümliches oder Außerordentliches zu finden sei.

Dem Laien erscheint es oft leicht, bestimmte Beziehungen zwischen den Naturerscheinungen verschiedener Gebiete aufzufinden, dem gewissenhaften Naturforscher jedoch wird es eben so oft sehr schwer nur die Vorfrage zu entscheiden, ob überhaupt irgend eine Beziehung zwischen den nicht unmittelbar verknüpften Ereignissen anzunehmen sei. Um solche Schwierigkeiten einmal in's Licht zu stellen, habe ich die vorhergehende Frage etwas eingehender erörtert.

Daß bei manchen Erdbeben unserer Atmosphäre neue Bestandtheile, mitunter in nicht unbedeutender Menge, als Dämpfe und Gase, von Innen her zugeführt werden, ist eine bemerkenswerthe Thatsache, doch scheinen diese Massen der großen Luftsäule gegenüber zu gering zu sein, um im Barometerstande, d. h. in den Druckverhältnissen des Luftkreises eine Aenderung hervorrufen zu können. Zwar ist die Emanation solcher Gase und Dämpfe bei der größten Zahl der Erdbeben nicht beobachtet worden, doch haben wir über einige Fälle sehr bestimmte Angaben. Humboldt erwähnt, daß eine halbe Stunde vor der Katastrophe, welche Cumana 1797 zerstörte, ein heftiger Schwefelgeruch an dem Hügel des Klosters San Francisco bemerkt worden sei, an einer Stelle, wo nachher auch das unterirdische Getöse des Erdbebens besonders stark gehört ward. Während des Erdbebens sah man Flammen an den Ufern des Flusses hervorbrechen und dergleichen auch über dem Gewässer im Meerbusen von Cariaco. Auch sollen in den Bergen von Cumanacoa, sowie in den Steppen von Neu-Andalusien solche feurige Gas-Entwickelungen, welche aus dem Boden hervorbrechen, nicht selten sein. Man sieht dort oft stundenlang Garben von Feuer sich in die Luft erheben, die plötzlich verlöschen und keine Spur ihres Daseins zurücklassen. Nicht einmal die Kräuter des Rasens oder die Bäume werden von ihrem Brand ergriffen, vielleicht weil diese Gasströme, mit großer Heftigkeit hervordringend, nicht bis zu ihrer Basis in Brand gerathen können. Auch von den Erdbeben des Mississippi-Thales von 1811—13 wird berichtet, daß in der Umgegend von Neu-Madrid, wie von vielen glaubwürdigen Personen bemerkt wurde, sich Spalten bildeten, aus welchen Rauch oder Wasserdampf hervorstieg. Man erwartete jeden Augenblick auch Flammen hervorbrechen zu sehen,

gewahrte aber nur von Zeit zu Zeit starke Stöße von Rauchwolken besonderer Art. Man hielt deshalb in jenen Gegenden diese Erdbeben allgemein für die Wirkungen eines großartigen Erdbrandes.

Eine merkwürdige, hierher gehörige Beobachtung wurde bei dem Erdbeben in Peru vom 30. März 1828 auf dem englischen Schiffe Volant gemacht. Das Schiff lag an diesem Tage in der Bucht von Callao an zwei starken Ketten vor Anker. Um halb 8 Uhr Morgens zog eine leichte Wolke über das Fahrzeug und gleich darauf vernahm man ein Geräusch, wie es in diesem Lande die Erdbeben zu begleiten pflegt, und einem fernen Donner gleicht. Man spürte einen heftigen Stoß, und die an Bord befindlichen Personen verglichen das Gefühl, das sie dabei hatten, mit der Empfindung, wie wenn man in einem Wagen ohne Federn rasch über ein holpriges Pflaster fährt. Das Wasser, welches um die Schiffe her 25 Faden (150 Fuß) Tiefe hatte, zischte, als hätte man glühendes Eisen hineingetaucht, und seine Oberfläche bedeckte sich mit einer Menge von Blasen, die beim Zerplatzen den Geruch von faulen Eiern verbreiteten. Viele todte Fische schwammen rings um das Schiff, die zuvor ruhige und klare See war trübe und bewegt, und das Schiff schwankte um 14 Zoll herüber und hinüber. In diesem Augenblicke erfolgte am Lande der Stoß, der einen Theil der Stadt in Trümmer legte. Man lichtete sogleich die Anker und fand, daß eine der Ankerketten, welche auf weichem Schlammgrunde gelegen hatte, in ziemlicher Erstreckung ihrer Länge und in 25 Klaftern (150 Fuß) Entfernung vom Schiffe eine Art von Schmelzung erlitten hatte. Die Kettenglieder, welche gegen 2 Zoll im Durchmesser hatten und aus vorzüglichem cylindrischen Eisen bestanden, erschienen an dieser Stelle wie in die Länge gezogen, so daß sie 3 bis 4 Zoll lang und nur 4 bis 5 Linien dick waren. Auf ihrer Oberfläche zeigten sich zahlreiche unregelmäßige Vertiefungen, in welchen kleine Eisenklümpchen hingen, die sich leicht lostrennen ließen. Die Kette des zweiten Ankers hatte gar nicht gelitten, und überhaupt war an keinem der übrigen zahlreichen Fahrzeuge, die eben auf der Rhede lagen, etwas der Art bemerkt worden. Wenn dieser Bericht in allen seinen Einzelheiten Glauben verdient, so daß die Streckung und

Beschaffenheit der Ankerkette nur durch eine Erhitzung erklärt werden könnte, dann müßte man annehmen, daß eine Gasart von außerordentlich hohem Hitzegrade sich einen Ausweg auf dem Meeresgrunde gebildet hätte, gerade an der Stelle, an welcher die eine Ankerkette des Volant auflag.

Die große Eruption des Ararat vom 20. Juni 1840 war die Folge eines der furchtbarsten Erdbeben, welche das oft erschütterte Armenien je berührt hatten. Zahlreiche Spalten bildeten sich im Erdreich der Ebene am Araras und Karasu, und aus ihnen brachen Gase aus, die Wasser und Sand mit hervorbrachten. Auch im Bette des Arares wurden die Gase an vielen Punkten mit solcher Heftigkeit entwickelt, daß das Wasser wie in Springbrunnen oder kleinen Geysern aufstieg und eine lange Reihe solcher Fontainen auf der Wasserfläche sichtbar war.

Achter Brief.

Antheil der Gestirne, der Elektricität und des Magnetismus an den Erdbeben, Beunruhigung von Thieren und Menschen.

Der Einfluß der Gestirne auf unsern Erdkörper äußert sich, außer in den Folgen der allgemeinen Anziehung oder Gravitation, zunächst in den Erscheinungen der Bestrahlung durch die Sonne, durch Tag und Nacht und Jahreszeiten, und sodann in der besonderen Anziehung des Mondes und der Sonne gegen die flüssigen Theile der Erdhülle, durch Fluth und Ebbe. Es erscheint natürlich, vom wissenschaftlichen Standpunkte aus nothwendig, danach zu fragen, ob sich eine Beziehung zwischen den Erdbeben und jenen Erscheinungen auffinden lasse.

Zunächst fällt die Frage in die Augen: Haben die Tageszeiten einen Einfluß, kommen mehr Erdbeben bei Tage oder bei Nacht vor? Man hat die Beantwortung dieser Frage, durch zweierlei Argumente unterstützt, zu geben versucht. Zuerst hat

man der Eintrittszeit zahlreicher Erdbeben nachgeforscht und hat aus den erlangten Daten den Schluß gezogen, daß sie zu jeder Tageszeit eintreten können; sodann hat man die unzweifelhafte Beobachtung angeführt, daß, wenn Erdbeben einmal begonnen haben, sie sich ohne alle Rücksicht auf die Tageszeit fortsetzen, und aus beiden Thatsachen hat man die Folgerung gezogen, daß Erdbeben von der Tageszeit ganz unabhängig seien. Dagegen läßt sich jedoch einwenden, daß, obgleich die Erdbeben zu jeder Tageszeit unzweifelhaft Statt finden, sich doch vielleicht für irgend einen Zeitabschnitt des Tages ein Maximum derselben auffinden ließe.*) So glaubt denn auch ein neuerer Naturforscher, Herr Volger, für die verschiedenen Tageszeiten eine verschiedene Häufigkeit der Erdbeben nachweisen zu können. Er gelangt durch seine Untersuchung der Erdbeben in der Schweiz, soweit sie historisch nachzuweisen sind, zu dem Resultate, daß sie bei Nacht häufiger als bei Tage eintreten. Er findet darin eine Analogie zu den Jahreszeiten, da die Nacht gleichsam der Winter, die Mittagszeit der Sommer des Tages sei. Indessen geben doch auch diese Untersuchungen noch keine ausreichende Sicherheit, so daß auch diese Frage noch als eine offene zu betrachten ist.

Daß die Witterungsscheiden in manchen von Erdbeben häufiger heimgesuchten Gegenden eine besonders genau von ihnen benutzte Zeit seien, ist ein in vielen Ländern verbreiteter Glaube, dessen auch schon oben Erwähnung geschah. Wenn auf eine lang anhaltende Trockniß Regenzeit folgt oder wenn das Umgekehrte Statt findet, dann besonders sollen Erdbeben einzutreten pflegen. Besonders zu der Zeit der Tag- und Nacht-Gleichen, um die in Tropenländern die Regenzeit sich in den trockenen Sommer verwandelt und umgekehrt, oder in denen sich die periodischen Winde umsetzen, in diesen Witterungs-Ab-

*) Ich fürchte nicht trivial zu werden, wenn ich ein Beispiel aus dem alltäglichen Leben zur Erläuterung der Unsicherheit solcher Folgerung anführe. Man wirft die Frage auf: Wann gehen die meisten Menschen spazieren? Antwort: das ist zu allen Zeiten gleich, denn man hat Spaziergänger zu den verschiedensten Tageszeiten ihren Gang beginnen und durch alle Tageszeiten fortsetzen sehen. Wie mangelhaft würde diese Schlußfolgerung sein!

schnitten sollen die Erdbeben häufiger als zu andern Zeiten des Jahres sein. Keine Zeit ist nach Humboldt in den niedern Gegenden von Peru und an den Küsten von Neu-Andalusien so gefürchtet wegen der Erdbeben, als der Eintritt der Regenzeit, welche zugleich auch die Zeit der Stürme ist (gleich nach dem Herbst-Aequinoctium). Und in der That scheint auch der Monat October jenen Ländern ganz besonders unheilbringend zu sein. Nächst dieser Epoche scheint das Frühlings-Aequinoctium zugleich noch besonders gefährlich zu sein. Auf den Molukkischen Inseln ist die Richtigkeit dieser Thatsache so allgemein angenommen, daß man dort gewöhnlich die Monate der regnerischen Jahreszeit unter leichten Rohrhütten zubringt, um die Gefahr zu vermeiden. Besonders gefürchtet sind dort die Erdbeben um die Zeit, wenn die Mousons wechseln. Wenn gleich dieser Glaube am meisten in den Tropen-Gegenden verbreitet ist, so findet er sich doch auch mitunter in hohen Breiten wieder, wie z. B. auf Kamtschatka und den Kurilischen Inseln.

Daneben kann nicht geläugnet werden, daß Erdbeben auch in den übrigen Zeiten des Jahres vorkommen, und so bleibt denn eben, um eine mehr zuverlässige Uebersicht der Ereignisse zu erhalten, nichts übrig als Tabellen zu entwerfen, in welchen zuverlässige Beobachtungen in möglichst großer Zahl eingetragen werden können, um auf diesem Wege zu einem Resultat in Zahlen zu gelangen. Zahlen für sich allein beweisen zwar noch nichts, wie wir das oben in Betreff der Windrichtungen sahen, aber für ein verständiges Raisonnement geben sie höchst schätzbare Anhaltpunkte.

Die erste Zusammenstellung dieser Art machte Hoffmann über die Erdbeben von Palermo von 1792—1831. Von den in diesem Zeitraume dort beobachteten 57 Erdbeben fielen allein 13 in den Monat März, während außerdem nie mehr als 6 in einem Monate zusammenfallen. Februar, März und April haben deren zusammen 22 ($^2/_5$ der ganzen Zahl), die wenigsten Mai und December.

Später haben v. Hof, Merian, Volger und Alexis Perrey Zusammenstellungen über die Vertheilung der Erdbeben in den verschiedenen Jahreszeiten gemacht, deren End-

resultate uns Naumann in seinem umfassenden Lehrbuch der Geognosie auf eine höchst übersichtliche Weise dargestellt hat.

Die Angaben von v. Hof ergeben für die in den Jahren 1821 bis 1830, in dem nördlich von den Alpen gelegenen Theile Europas, beobachteten 115 Erdbeben folgende Vertheilung, nach den meteorologischen Jahreszeiten:

	Winter.	Frühling.	Sommer.	Herbst.
Zahl der Erdbeben .	43	17	21	34

also für Herbst und Winter 77, für Frühling und Sommer 38 Erdbeben, oder für die kalten Jahreszeiten doppelt so viele Erdbeben, als für die warmen.

Nach demselben Principe hat Merian alle in Basel bis zu dem Ende des Jahres 1836 beobachteten Erdbeben zusammengestellt, und findet die Zahl derselben:

im Winter.	im Frühling.	im Sommer.	im Herbst.
41	22	18	39

also für den Herbst und Winter 80, für den Frühling und Sommer 40 Erdbeben. Dasselbe Verhältniß.

Neuerdings hat Volger mehr als 1200 in der Schweiz und in den benachbarten Gegenden vorgekommene Erdbeben nach den Jahreszeiten geordnet und ein noch entschiedeneres Vorwalten derselben im Winter herausgebracht; denn er weist nach:

im Winter.	im Frühling.	im Sommer.	im Herbst.
461	317	141	313

also für Herbst und Winter 774, für Frühling und Sommer 456 Erdbeben. Ein geringeres Verhältniß als die vorigen, worin nur dadurch eine auffallende Erscheinung hervortritt, daß der Winter mehr als dreimal soviel Erdbeben hat, als der Sommer.

Am ausführlichsten hat sich Perrey mit dem Gegenstande beschäftigt. Er hat seit Jahren alle zeitlichen Daten über das Vorkommen der Erdbeben in Europa und den angrenzenden

Theilen von Afrika und Asien gesammelt und Regeln aus diesen Thatsachen abzuleiten gesucht. In Betreff der Jahreszeiten hat er großartige Zusammenstellungen gemacht über 2657 Erdbeben, von denen beobachtet wurden:

Im Bassin des Rhonethales	182	vom 16.—19.	Jahrh.
= = von Rhein u. Maas	529	= 9.—19.	=
= = der Donau	270	= 5.—19.	=
In Italien und Savoyen	1020	= 4.—19.	=
= Frankreich und Niederlanden	656	= 4.—19.	=

Es vertheilten sich hierbei auf die verschiedenen Jahreszeiten:*)

Localitäten.	Winter.	Frühling.	Sommer	Herbst.	Herbst u. Winter.	Frühl. und Sommer
Rhonebassin . . .	62	32	35	53	115	67
Rhein= u. Maasbassin	160	103	101	165	325	204
Donaubassin . . .	76	60	67	67	143	127
Italien und Savoyen	307	259	206	248	555	465
Frankreich u. Niederl.	200	133	137	186	386	270
	805	587	546	719	1542	1133

„Diese Zahlen, sagt Naumann, lassen es nicht verkennen, daß allerdings während des Herbstes und Winters die Erdbeben häufiger vorkommen, als während des Frühlings und Sommers, und daß namentlich der Winter als diejenige Jahreszeit zu betrachten ist, welche die größte Anzahl von Erdbeben aufzuweisen hat."

Die Stellungen des Mondes endlich zur Erde unter Beachtung der gleichzeitigen Sonnen=Stellungen, d. h. die Verhältnisse, welche sich in den Erscheinungen der Ebbe und Fluth bethätigen, scheinen nicht ohne Beziehungen zu den Erdbeben zu sein. Schon im Anfang des vorigen Jahrhunderts hat ein Professor zu Lima auf den Einfluß der Mondphasen auf das Eintreten von Erdbeben hingewiesen, und gegen Ende desselben hat ein italienischer Gelehrter das Zusammentreffen von heftigeren Erdbeben und Hochfluthen ganz bestimmt ausgesprochen. Die vollständigsten Arbeiten über diesen Gegenstand verdankt

*) Perrey rechnet die Jahreszeiten calendarisch, den Winter aus Januar, Februar und März bestehend, u. s. w.

man jedoch ebenfalls dem unermüdlichen Fleiße des Herrn Alexis Perrey in Dijon, welcher durch zahlreiche, auf Rechnung gestützte, Combinationen zu den Schlußfolgerungen gelangt ist, daß

1. die Erdbeben häufiger um die Zeit der Syzygien, als um die Zeit der Quadraturen vorkommen;

2. sie häufiger eintreten, wenn sich der Mond im Perigäum, als wenn er sich im Apogäum befindet;

3. an jeder erschütterten Stelle die Stöße zahlreicher erfolgen, wenn sich der Mond gerade im Meridiane befindet.

Hiernach ist ein Einfluß der Stellung von Mond und Sonne auf das Eintreten und die Häufigkeit der Erdbeben nicht abzuläugnen, und wenn wir einen flüssigen Erdkern annehmen müssen, so fallen die Hochfluthen desselben mit dem Auftreten der Erdbeben zusammen. Ein großes und schönes Resultat, das wir nur den Arbeiten des Herrn Perrey verdanken.

Als man zu Ende des vorigen und zu Anfang dieses Jahrhunderts die Erscheinungen der Elektricität genauer kennen und klarer verstehen lernte, glaubte man die in ihnen hervortretende Kraft in Beziehung zu allen bisher räthselhaften Erscheinungen der Natur setzen zu müssen, und so erschien auch eine Preisfrage, in der es hieß: Welches sind die nächsten Ursachen der Erdbeben? Muß man die elektrische oder galvanische Kraft mit unter diese Ursachen zählen? Die gekrönte Beantwortung von Kreis sagt in Bezug hierauf: Manche Erdbeben scheinen auf den elektrischen Zustand der Atmosphäre Einfluß gehabt zu haben.

Allerdings sind mitunter auffallende elektrische Erscheinungen während der Erdbeben beobachtet worden. Humboldt beobachtete während des Erdbebens von Cumana am 4. Nov. 1799 ein voltaisches Elektrometer und fand, daß während der Erzitterungen des Bodens die Luft-Elektricität in hohem Grade erregt war. Die Korkkügelchen entfernten sich um 4 Linien und alle Augenblicke wechselte positive und negative Elektricität, wie es bei uns nur zu Zeiten heftiger Gewitter zu sein pflegt. Aehnliche Beobachtungen führt Vasalli-Eandi, ein ausgezeichneter Meteorolog, bei den schon oben citirten Beobachtungen

des Erdbebens von 1808 in der piemontesischen Grafschaft Pinerolo an. Er fand, daß die Luft-Elektricität sich bei den Erschütterungen stets auffallend steigerte, zuweilen in so hohem Grade, daß sie nicht mehr zu messen war, da die Goldblättchen des Elektrometers gegen die Wände des Elektrometers anschlugen. Auch bei viel unbedeutenderen Erdbeben als diese beiden angeführten scheinen wahrnehmbare Wirkungen dieser Art vorzukommen, wie denn erwähnt wird, daß nach einem schwachen Erdbeben zu Breslau eine früher sehr kräftige Elektrisir-Maschine plötzlich ihre Dienste versagte, und erst vier Tage hernach ihre vorige Wirksamkeit erlangte. Endlich kann man noch anführen, daß es ein in Süd-Amerika allgemein verbreiteter Glaube ist, daß die Erdbeben mit der Häufigkeit der Gewitter in umgekehrtem Verhältniß stehen, eine Meinung, welche sich allerdings bei den Erdbeben von 1812 und 13 im südlichen Nordamerika und bei dem neapolitanischen Erdbeben von 1805 in der Provinz Molisa bestätigt hat. Bei diesem letzteren sah man ein, allen Umständen nach, elektrisches Leuchten. Von vielen feurigen Meteoren wird erzählt, welche man verschiedentlich im ganzen Lande gesehen hat. Sie hatten die meiste Aehnlichkeit mit den Feuerballen und hüpfenden Flammen, die man bei heftigen Gewittern wahrnimmt, wenn die Oberfläche der Erde mit einer der Gewitterwolke entgegengesetzten Elektricität überladen ist. Besonders merkwürdig ist es, daß mehrere unverdächtige Augenzeugen ein Leuchten von Neapel her gerade in dem Momente sahen, als dasselbe den ersten Stoß erlitt. Auch sah man in der Provinz Molisa im Laufe des ganzen Jahres kein Gewitter, kein Wetterleuchten und keinen Hagel, meteorische Erscheinungen, welche dort in den entsprechenden Jahreszeiten ganz gewöhnlich zu sein pflegen.

Ob nun nach den wenigen angeführten Beobachtungen ein ursächlicher Zusammenhang oder nur ein zufälliges Zusammentreffen beider Erscheinungen anzunehmen sei, bleibt sehr zweifelhaft.

In wie weit der Erd-Magnetismus durch die Erdbeben erregt oder verändert werde, ist ebenfalls noch eine offene Frage. Man hat Beobachtungen dafür und dawider. Der Akademiker Boué zu Wien hat neuerdings eine Parallele der Erdbeben, Nordlichter und des Erdmagnetismus erscheinen lassen, in der

zwar mancherlei Thatsachen angeführt sind, welche die Folge eines Zusammenhangs aller dieser Erscheinungen sein können, allein keine hinreichende Zahl schlagender Beobachtungen, welche beweisen, daß sie in Verbindung stehen müssen. Von zuverlässigen Beobachtungen auf diesem Gebiete verdienen zunächst die von Humboldt erwähnt zu werden. Er bestimmte am 1. November 1799 die Inclination der Magnetnadel zu Cumana, mittelst eines vorzüglichen Instruments, zu 43° 39′, am 4. trat das oft erwähnte große Erdbeben ein, am 7. ward die Inclination wieder beobachtet und sie betrug nur 42° 45′, hatte sich also um 54′ verringert. Diese Verminderung war bleibend, denn im September 1800 betrug sie an demselben Orte 42° 48′, sie hatte also im Verlauf von 10 Monaten ihre alte Größe der Neigung nicht wieder erlangt. Die Intensität des Magnetismus war übrigens ganz dieselbe geblieben, denn die Nadel machte beide Mal dieselbe Zahl von Schwingungen in derselben Zeit; auch schien die Declination unverändert. Zur Verstärkung dieser Thatsache führt Humboldt an, daß nach der Vergleichung seiner eigenen mit späteren Beobachtungen in Lima, die Inclination dort im October 1802 9° 59,4′ betrug, nach dem Erdbeben vom Anfang November desselben Jahres aber auf 9° 12′ also um 47,4′ gefallen war. Auch schien eine Veränderung in der Intensität eingetreten zu sein, da die Nadel vor dem Erdbeben 219, nach demselben nur 218 Schwingungen in 10 Minuten machte. Endlich wurde eine sehr auffallende Beobachtung während des Erdbebens vom 23. Februar 1828 in einer Kohlengrube bei Mülheim an der Ruhr gemacht. Ein Markscheider *) war dort, 480 Fuß unter Tage, mit Messungen beschäftigt und nachdem er sich eine Zeit lang der Boussole hierzu bedient hatte, ohne etwas Auffallendes an ihr zu bemerken, wurde die Nadel plötzlich so unruhig, daß er sie nicht mehr benutzen konnte. Sie schwankte selbst bis volle 180° vom Nord- zum Südpole, und schien auch Schwingungen im Sinne der Inclination zu machen. Gerade zu derselben Zeit wurden über der Erde die Erschütterungen des Erdbebens beobachtet, während in den zahlreichen Kohlengruben dieser Gegend keiner

*) Markscheider werden die unterirdischen Feldmesser genannt.

der drittehalb Tausend darin beschäftigten Arbeiter eine Ahnung davon gehabt hatte.

Uebrigens muß hiergegen auch wieder bemerkt werden, daß in mehreren Fällen gar keine Wirkung der Erdbeben auf die Magnetnadel verspürt worden ist. Humboldt bemerkt ausdrücklich, daß, außer den oben erwähnten Fällen, ihm nie, trotz der heftigen Stöße, die er oft in den Cordilleren zu beobachten Gelegenheit hatte, eine Einwirkung der oben erwähnten Art wieder vorgekommen ist. Auch Vasalli-Candi giebt ausdrücklich an, daß während der Erdbeben von 1808 in Piemont die Magnetnadel durchaus nichts gezeigt habe, was man der Wirkung der Erdbeben hätte zuschreiben können. Eine wichtige Bestätigung dieser Thatsache giebt eine Beobachtung von A. Erman auf seiner Reise durch Sibirien. Am 8. März 1828 fühlte er zu Irkutzk einen bedeutenden Erdstoß. Er war gerade damals seit fünf Tagen beschäftigt, feinere magnetische Beobachtungen mit einem sehr empfindlichen Instrumente anzustellen. Er konnte daran einige Minuten nach der Erschütterung keine abweichenden Bewegungen beobachten. Auffallend war es, daß in dieser Jahreszeit dort am häufigsten Erdbeben eintreten und daß außerdem in jenem Jahre die Witterung so ungewöhnlich war, daß einige Personen schon vier Tage zuvor ihm ein Erdbeben prophezeiten und ihn wegen der Aufstellung seiner Instrumente warnten. — Und so stehen wir denn auch hier wiederum vor einer Gruppe von Erscheinungen, von denen wir nicht zu entscheiden wagen, ob bei ihnen eine Verbindung mit dem Erdbeben anzunehmen sei oder nicht.

Aus vielen Gegenden finden sich endlich auch darüber Nachrichten, daß Thiere und Menschen vor und während der Erdbeben Beunruhigungen und Angst empfunden haben. Man hat diese Erscheinung mit den hin und wieder wahrgenommenen Gasausströmungen in Verbindung bringen wollen, eine Annahme, die indessen noch nicht hinreichend begründet erscheint. Die klarste und bestimmteste Nachricht über das Verhalten der Thiere giebt Poli in seinem Bericht über das Erdbeben von Neapel vom 26. Juli 1805. Er sagt: „Ich will nicht unterlassen, hier noch des gewohnten Vorzeichens zu erwähnen, welches von den Thieren ausging. An allen Orten, wo die

Wirkungen des Erdbebens sehr fühlbar waren, fingen einige Minuten vor dem Eintreten der Stöße die Rinder und die Kühe an laut zu brüllen; die Schaafe und die Ziegen blökten und beunruhigt durch einander stürzend, suchten sie die Netze und das Flechtwerk der Hürden zu durchbrechen. Die Hunde heulten fürchterlich, die Gänse und die Hühner geriethen in Verwirrung und machten großen Lärm. Die Pferde bebten in ihren Ställen und rissen sich wüthend vom Zügel los, diejenigen derselben aber, welche gerade auf der Straße waren und liefen, standen plötzlich still und schnaubten in ganz ungewöhnlicher Weise. Die Katzen liefen erschreckt davon und suchten sich zu verbergen, oder sie sträubten wild das Haar. Man sah die Kaninchen und die Maulwürfe aus ihren Löchern hervorkommen, die Vögel wurden von ihren Ruhesitzen aufgescheucht und die Fische schwammen an's Ufer, wo sie in großer Menge beim Granatello erhascht wurden. Selbst die Ameisen und die Reptilien verließen am hellen Tage und in großer Unordnung ihre Erdlöcher, und zwar häufig schon viele Stunden vor dem Erdbeben. Die Heuschrecken sah man in großen Schwärmen während der Nacht durch Neapel gegen das Meer kriechen und geflügelte Ameisen flüchteten sich bei dunkler Nacht in die Zimmer der Häuser. Es gab Hunde, welche ihre Herren wenige Minuten vor dem Erdbeben gewaltsam aufweckten, gleichsam als wollten sie dieselben rufen und warnen vor der nahe bevorstehenden Gefahr, und es sind Fälle vorgekommen, wo sie auf diese Weise wirklich auch deren Rettung bewirkten."

Da uns in dieser interessanten Beschreibung weder von einem direct beobachteten Hervorströmen von Gasen, noch von dem Absterben der Thiere berichtet wird, sondern nur ihres plötzlichen Erschreckens Erwähnung geschieht, so könnte man ihr Vorgefühl wohl einfacher daraus erklären, daß sie, besonders die vierfüßigen unter ihnen, kleine Erschütterungen des Bodens wahrnehmen konnten, welche der Beobachtung der Menschen entgangen sind. Daher das plötzliche Wildwerden, das Stillstehen der Pferde in vollem Lauf, das Hervorkommen der Erdbewohner aus ihren Löchern und die übrigen verwandten Erscheinungen. Das Hervordringen irrespirabler Gase würde sicherlich einen Theil der Thiere getödtet haben, und man

würde diese Erscheinung bemerkt und nicht unerwähnt gelassen haben. Beobachtungen aus anderen Gegenden erwähnen derselben Erscheinungen bei den Thieren, doch niemals der Tödtung derselben. Einige Thiere sollen besonders empfindlich für Erderschütterungen sein, vorzüglich die Schweine. In Gegenden, wo Erdbeben häufig sind, pflegen ängstliche Personen, die das Herannahen von heftigen Stößen befürchten, mit besonderer Aufmerksamkeit auf das Benehmen der Schweine zu achten.

Daß sich bei Menschen irgend ein körperliches Vorgefühl bei Erdbeben gezeigt habe, ist zwar gelegentlich erwähnt, doch niemals wirklich erwiesen worden.

Neunter Brief.

Veränderungen der Erdoberfläche durch Erdbeben.

Kleine Erderschütterungen gehen ohne sichtbare Spuren der Veränderung an der Erdoberfläche vorüber. Sobald sie aber in ihrer Bewegung über die Grenze der Elasticität der Erd- und Gesteinsmassen hinausgehen, dann müssen sie kleine Risse und Spalten im Gestein bewirken. Größere Erdbeben trennen nicht bloß die Massen an der Erdoberfläche, sondern bringen sie auch aus ihrer früheren Lage. Zahlreiche Beispiele geben uns darüber näheren Aufschluß. Spalten-Bildung finden wir unter den verschiedensten Umständen. Bald sind es nur feine Zerklüftungen, bald aber auch offene Schlünde, welche sie bilden. Ch. Darwin erzählt von der Besteigung des Monte Campana bei Quittola in Chili, daß ihn vor Allem die Art der Zertrümmerung des obersten Felsens in Erstaunen gesetzt habe. Denn er war vielfach zerborsten und in große, eckige Trümmer zersprengt. Die Bruchflächen des Gesteins zeigten an vielen Stellen einen solchen Grad von Frische, als wären sie am Tage vorher erst zerrissen worden. „Ich war so fest überzeugt," fährt er fort, „daß dieses nur von den häufigen

Erdbeben herrührt, daß ich nicht große Neigung verspürte, unter einem Haufen solcher lockerer Massen zu verweilen."

Zwar beschränken sich Erdbeben in ihren sichtbaren Spuren häufig darauf, die Werke der Menschen zu zerstören, ohne die Gestalt des Bodens zu verändern, auf welchem diese standen, aber manche drücken doch auch den Gegenden, in welchen sie herrschten, ein Gepräge ihrer einst vorübergegangenen Thätigkeit in unvertilgbaren Zügen auf. Die leichteste sichtbare Spur, welche sie für einige Zeit, selten für immer, hinterlassen, sind Spalten im Erdreich. Wenn wir vorhin schon der unscheinbaren Spalten im Gestein erwähnten, so müssen wir nun der ansehnlicheren Spalten und Klüfte Erwähnung thun, welche theils als vorübergehende, theils als bleibende Folgen von Erdbeben vorkommen. Gewöhnlich haben sie einen ziemlich geraden, mitunter einen gezackten, seltener einen gebogenen Verlauf. Sind sie im festen Gestein entstanden, so können sie auf lange Zeit als offene Klüfte stehen bleiben, haben sie sich aber im weichen Erdreich oder in lockeren Gesteinen gebildet, so schließen sie sich im Laufe der Zeit theils durch seitlichen Druck, theils durch Einsturz, theils durch Zuschlämmen von außen her.

Bei den wiederholten Stößen, welche bei jedem größeren Erdbeben vorkommen, ereignet es sich sowohl, daß die gebildeten Spalten sich wieder schließen, als daß sie weiter aus einander gerissen werden. Sie bilden sich oft in großer Zahl und werden mitunter so weit und mächtig, daß Bäume, Häuser, Menschen und Thiere von ihnen verschlungen werden. Nicht selten sieht man sie auf weite Strecken parallel verlaufen, seltener sich kreuzen. Eine gewöhnliche Erscheinung ist die, daß bei solchen Spalten, sowohl bei offenen, als bei geschlossenen, die beiden Flügel nicht in demselben Niveau liegen blieben, sondern der eine höher als der andere steht. Man pflegt dies eine Verwerfung zu nennen, eine Erscheinung, der wir in den älteren Schichten der Erdrinde nicht selten begegnen. Das sind die ersten Spuren von Niveauveränderungen, welche durch Erdbeben hervorgebracht werden.

Bei dem großen Erdbeben von Jamaica, dessen schon öfter Erwähnung geschah, bildeten sich zahllose Spalten, von denen man zuweilen zwei- oder dreihundert auf einmal sich öffnen und

gleich darauf sich wieder schließen sah. Viele Menschen kamen in diesen Spalten ums Leben (siehe oben). Die blauen Berge und andere von den höchsten Gebirgen der Insel wurden zerrissen und zerspalten. Sie erschienen zertrümmert und baumlos, die von ihnen herabkommenden Flüsse hörten in den ersten 24 Stunden zu fließen auf und führten dann bei Port-Royal und an anderen Orten dem Meere mehrere hunderttausend Tonnen Holz zu, die gleich schwimmenden Inseln auf dem Ocean erschienen. Die Bäume waren fast alle abgeschält und hatten die meisten von ihren Zweigen und Zacken verloren. Im Jahre 1812 bildeten sich bei dem Erdbeben im Mississippithal ganz ähnliche Erscheinungen. Der Erdboden stieg in großen, langgestreckten Wellen in die Höhe, welche auf ihrem Gipfel zerbarsten, und aus den so gebildeten Schlünden Wasser, Sand und Kohlenbrocken ausstießen. Ein englischer Reisender fand noch sieben Jahre nach der Katastrophe Hunderte von diesen Spalten geöffnet. Während der lang anhaltenden Erschütterungen suchten sich die Bewohner der Gegend dadurch vor dem Verschlungenwerden zu schützen, daß sie, da die Spalten alle von Südwest nach Nordost aufzureißen pflegten, die größten Bäume fällten, diese rechtwinkelig gegen jene Richtung legten und dann auf ihnen Platz nahmen. Der berühmte englische Geologe Lyell konnte noch im Jahre 1846 einzelne dieser Spalten auf mehr als eine halbe englische Meile weit verfolgen, obgleich sie durch die Wirkung des Regens, Frostes und der Ueberschwemmungen, so wie auch durch das alljährlich hineingewehte Laub zum Theil wieder ausgefüllt waren. Viele von ihnen scheinen die Ueberbleibsel menschlicher Thätigkeit, die Reste von Gräben oder Kanälen zu sein.

Von dem chilesischen Erdbeben vom 14. November 1822 berichtet eine sehr sorgfältige Beobachterin desselben, Frau Maria Graham, daß das Vorgebirge Quintero von zahlreichen Spalten durchsetzt war. Es besteht aus Granit mit Sandboden bedeckt. Der Granit am Strande ist von parallel laufenden Adern durchsetzt, die etwa einen Zoll mächtig und zum Theil mit einer weißen, glänzenden Substanz ausgefüllt sind. Bei einigen, die noch offene Spalten bilden, sind nur die Wände mit dieser Materie überzogen. Nach dem Erdbeben zeigte sich,

daß der ganze Fels von neuen scharfrandigen Spalten zerrissen war, die sich von den alten Klüften deutlich unterschieden, obgleich sie mit denselben einerlei Richtung hatten. Manche der breiteren unter diesen Klüften konnte man vom Strande an auf anderthalb englische Meilen (7500′) weit um das nächste Vorgebirge herum verfolgen, da der den Felsen bedeckende Sand an mehreren Stellen herabgeglitten war und diesen entblößt hatte.

Als am 16. November 1827 ein sehr heftiges Erdbeben Columbien heimsuchte und Sta. Fe de Bogota, Popayan und viele andere Orte zerstörte, bildeten sich in mehreren Gegenden große Spalten in dem Boden, in deren eine sich der Fluß Tunza gestürzt haben soll. An einigen Orten traten aus den Erdrissen Gase mit Heftigkeit hervor, und hier und da fand man Ratten und Schlangen erstickt in ihren Schlupfwinkeln. Auch aus der Wallachei berichtet Schüler vom Erdbeben des Januar 1836, daß sich dort Spalten bildeten, welche bei einer Länge von mehreren tausend Fuß doch nur 8 bis 20 Zoll Breite hatten. Einige hatten sich sogleich wieder geschlossen, während dies bei anderen nur allmälig eintrat. Bei dem Dorfe Babeni unweit Slam-Rimnik waren die Spalten Anfangs kaum fingerbreit, erweiterten sich aber von Tag zu Tag bis zu mehreren Klaftern. Dabei fanden einseitige Senkungen und Hebungen des Bodens statt, so daß manche Häuser verschoben, auseinander gerissen oder ganz umgestürzt wurden. An einigen Stellen hatten sich auch trichterförmige Löcher von 2 bis 6 Fuß Durchmesser gebildet, so zwischen den Dörfern Malori und Beltschuk, und der sie ausfüllende Sand war bisweilen zu hohlen Kegeln aufgehäuft. Die großartigsten Bildungen dieser Art zeigte das Erdbeben im Mississippithale, wo zwischen New-Madrid und Little-Prairie kesselförmige Löcher von 30 bis 90 Fuß Durchmesser und mehr als 20 Fuß Tiefe entstanden, welche noch gegenwärtig eine in dem flachen Boden sehr auffallende Erscheinung bilden. Kleine Sandkegel sind auch in Chili bei dem Erdbeben von 1822 vielfach beobachtet worden. Die Entstehung dieser Rundlöcher, welche meist mit Wasser gefüllt sind, erklärt sich wohl so, daß Wasser nur an einzelnen Punkten rasch gebildeter, und vielleicht eben so rasch geschlossener Spalten

hervorbringen konnte, wobei rings um jeden Ausbruchspunkt der Erdboden fortgeschwemmt und dadurch eine trichter= oder kesselförmige Vertiefung gebildet wurde. Führte nun das aus der Tiefe hervordringende Wasser selbst Sand und Schlamm mit sich, so bildete sich allmälig erst eine Ausfüllung und dann auch wohl eine kegelförmige Anhäufung lockerer Massen.

Ein solches Hervorbrechen von Wasser, das Sand und Schlamm mit sich führt, ist überhaupt keine ungewöhnliche Erscheinung bei Erdbeben und findet seine Erklärung darin, daß unterirdische wasserreiche Schichten, so wie einzelne Wasseransammlungen bei dem Fortgang der Erdbebenwellen einen starken Druck erleiden, wodurch das Wasser in eine Spannung versetzt wird, durch die es mit Heftigkeit hervorbricht. Dabei mögen zuweilen auch Dämpfe und Gase Gelegenheit finden, zu entweichen, so wie Sand und Schlamm von dem sprudelnden Wasser mit fortgerissen werden. In der Gegend von Cumana ist es eine bekannte Erscheinung, daß während der Erdbeben der Inhalt von Brunnen und Cisternen, sowohl Wasser als Sand und Schlamm, gewaltsam herausgeschleudert wird, und dasselbe ist auch an anderen Orten bei heftigen Erdbeben vorgekommen. Während des Erdbebens, welches 1703 die Stadt Aquila zerstörte, brach an zwei Stellen auf den Feldern die Erde auf und warf eine Menge Steine aus, die das Feld bedeckten und unfruchtbar machten. Dann sprang Wasser sehr hoch aus diesen Oeffnungen, das trübe, wie Seifenwasser, aussah, aber geschmacklos war. Bei Sigillo entstand auf dem flachen Gipfel eines Berges ein unregelmäßig geformter Schlund, 150 Fuß im größten Durchmesser, in welchem man in 1800 F. Tiefe noch keinen Grund fand (?). Bei dem kleinen Flusse Pizzoli öffnete sich ein Schlund sechszig Schritte im Durchmesser, aus dem mit Heftigkeit eine hohe Wassersäule emporstieg. Auch bei Rutiglione spaltete sich ein Berg und erlitt Einstürze und bei Rieti verwandelte sich ein vorher immer trocken gewesenes Thal in eine Art von Morast, weil Einstürze von Massen der benachbarten Berge den Abfluß des Wassers hinderten. Im Missisippithal drang aus den oben beschriebenen Spalten Wasser, Sand und Schlamm bis zur Höhe der größten Bäume empor. Auch bei dem heftigen Erdbeben, welches 1818

Catania erschütterte, brachen, unmittelbar vor dem ersten Stoße, nördlich von der Stadt an 14 Punkten Springbrunnen mit großem Geräusch aus der Erde. Zugleich wird von diesem Erdbeben berichtet, daß dabei die Spalten des Erdreichs außerordentlich schnell sich aufrissen und wieder schlossen. Die Mauern der an solchen Stellen stehenden Häuser klafften plötzlich auseinander, so daß auf Augenblicke der Mond in die Zimmer schien, und dann schlossen sie sich so fest wieder, daß man von ihrer Trennung kaum eine Spur bemerkte (Agatino longo). Endlich haben wir noch ein großartiges Beispiel dieser Art von Erbeben anzuführen, das sich über einen großen Theil von Armenien am 20. Juni 1840 ausbreitete. In der Ebene, durch welche der Arares und Karaser strömen, entstanden viele Spalten, aus denen Gase hervorbrachen und Wasser und Sand ausgeschleudert wurde. Auch im Flußbette des Arares wurden die Gase an vielen Punkten mit solcher Heftigkeit entwickelt, daß das Wasser wie in Springbrunnen oder kleinen Geisern aufstieg und eine lange Reihe solcher Fontainen auf dem Wasser sichtbar war.

Mitunter wird auch von Flammen und Rauchsäulen berichtet, welche bei Erdbeben hervorgebrochen seien, doch sind die Angaben hierüber wohl nicht ganz unzweifelhaft. So wird von Aquila erzählt, daß dort gleichzeitig mit den Wasserausbrüchen Flammen und dicke Dämpfe aus den benachbarten Bergen hervorgekommen seien, und bei dem Erdbeben von Cumana will man Flammen gesehen haben, welche an den Ufern des Manzanares und im Meerbusen von Cariaco hervorbrachen. In Venezuela soll diese Erscheinung öfters vorgekommen sein. Wenn die Beobachtungen richtig sind, und man nicht aus dem Auftreten von Rauch auf Flammen zurückgeschlossen hat, so gehört die Erscheinung doch immer zu den nur ausnahmsweise beobachteten.

Wenn es schon klar ist, daß ein solcher Nachweis über die Bildung von Spalten von großer Bedeutung für unsere Ansichten von den Zuständen unserer Erdrinde und deren Entwickelung sein muß, so wird unser Interesse durch eine andere Art von Erscheinungen noch viel mehr in Anspruch genommen, welche wir ebenfalls als Folge von Erdbeben auftreten sehen,

durch die bleibenden Hebungen und Senkungen nämlich, welche der Erdboden an manchen Stellen erfahren hat. Solche Bewegungen können nur das Resultat einer Kraft sein, welche von innen heraus wirkend, allen Widerstand überwindet, den die gewiß sehr mächtige und feste Decke der Erdkruste ihr entgegensetzt. Es handelt sich hier nicht um vorübergehende Hebungen und Senkungen, sondern um bleibende Veränderungen im Niveau des Bodens, welche für immer die Gestalt der Erdoberfläche verändern. Oft sind diese Veränderungen nicht so in die Augen fallend, daß sie jedwedem Beobachter auffällig werden müßten, aber in zahlreichen Fällen sind sie so klar und unwiderleglich, daß sie uns einen tiefen Blick in die Mechanik unseres Erdkörpers thun lassen.

An der Küste von Neu-Granada hat man mehrfach Veränderungen in der Oberflächengestalt als Folge von Erdbeben beobachten können. Im Jahre 1766, bei der ersten bekannten Zerstörung von Cumana, vergrößerte sich das Vorgebirge, die Punta Delgada auf der Südseite des Golfs von Cariaco und in dem benachbarten Flusse, dem Rio Guarapiche, erhob sich eine Klippe, nicht weit vom Orte Maturin, die früher dort gar nicht bekannt gewesen war.

Dabei wiederholen sich dergleichen Erhebungen des Bodens nicht selten in derselben Gegend zu verschiedenen Zeiten, so daß das Land stufenweise immer höher und höher emporgetrieben wird und zuweilen ein allmäliges Aufsteigen um mehrere hundert Fuß nachgewiesen werden kann. Solche dauernde Erhebungen des Erdbodens sind am deutlichsten in Küstengegenden nachzuweisen, wo nicht allein der mittlere Stand des Meeres ein unveränderliches Niveau darbietet, mit dem man die Lage einzelner Stellen der Küste vergleichen kann, sondern wo man auch durch die eigenthümlichen Bildungen, welche das Meer jederzeit und überall an seinem Strande aufhäuft, ein Merkmal hat, welches über jetzige und ehemalige Wasserstände sicher belehrt. Mitten im Festlande hat man Spuren von Hebungen oder Senkungen noch nicht entdeckt, doch ist es höchst wahrscheinlich, daß dergleichen Bewegungen auch dort stattfinden, und daß es bisher nur an Hülfsmitteln gefehlt hat, durch welche man kleinere Bewegungen im Terrain ohne directe Ver-

gleichung mit dem Meeresspiegel erkennen könnte. Mit Recht hat man darauf hingewiesen, daß die genauen Höhenmessungen, die wir jetzt über die zahlreichen Eisenbahnlinien der cultivirten Länder besitzen, für die Zukunft auch einen Anhalt für die Beurtheilung von Niveau-Veränderungen im Innern der Continente geben werden.

Auffallende Küstenhebungen lassen sich an der Westküste von Peru erkennen, und oft weithin verfolgen. An der Insel San Lorenzo, welche dem Hafen von Lima, Callao, gegenüber liegt, sieht man sehr deutliche Beweise für eine Erhebung in neuerer Zeit. Diejenige Seite des Berges, welche die Bucht dieser Insel bildet, zeigt drei undeutliche Terrassen, die jede mit einer Masse von Schalthieren bedeckt sind, und nur von Arten, die jetzt noch an der Küste bekannt sind. An mehreren der Schnecken saßen Serpeln und kleine Balanen an der inneren Seite fest, was den Beweis liefert, daß sie noch einige Zeit, nachdem das Thier gestorben, auf dem Boden des Meeres gelegen haben. In diesem Falle kann man überzeugt sein, daß sie nicht von Vögeln oder Menschen, denen sie zur Nahrung dienen konnten, hierher gebracht sind. In einer geringen Höhe über dem Meere waren die Muscheln wohl erhalten, auf einer Terrasse 35 Fuß über dem Meere waren sie theilweise zersetzt und in eine weiche, schuppige Substanz verwandelt, noch einmal so hoch bildeten sie nur eine dünne Lage von Kalkpulver. In der Höhe von 85 Fuß hat Darwin mit Stücken von Tang in der Muschelmasse ein Stück von einem Baumwollenfaden, geflochtene Binsen und einen Maiskolben gefunden, und diese Thatsache beweist, daß diese Gegend mindestens um 85 Fuß erhoben worden ist, seit Menschen sie bewohnen.

Auch in Chili findet man Muschellager von großer Mächtigkeit weit über dem Niveau des jetzigen Meeresstandes und die Versicherung eines alten spanischen Schriftstellers, daß in verschiedenen Höhen über dem Meere Brüche oder Gruben vorhanden seien, aus denen Muscheln, gleicher Art wie sie noch jetzt im benachbarten Meere leben, zum Kalkbrennen genommen werden, verdient allen Glauben. „Ich war sehr erfreut zu sehen,“ fährt er fort, „daß mir hier ein überraschender Beweis von der Allgemeinheit der Sündfluth erschien, obgleich ich recht

gut weiß, daß Einige die jetzige Lage dieser Muscheln aus anderen Ursachen erklären wollen."

Einen noch näheren Nachweis über den bestimmten Fall einer Erhebung ansehnlicher Länderstrecken, als Folge eines großen Erdbebens, hat uns eine englische Dame, Mrs. Maria Graham geliefert, welche sich zu Ende des Jahres 1822 in Chili aufhielt. Das Erdbeben war eines der heftigsten und ausgedehntesten, von dem wir Nachricht besitzen, denn es wurde in ganz Chili und Peru, diesseits und jenseits der Anden verspürt. Unsere Beobachterin befand sich zu Quintero unweit Valparaiso, als das gewaltige Ereigniß eintrat. Am Morgen nach den heftigen Stößen, die in der Nacht geschahen, bemerkte Mrs. Graham in allen kleinen Thälern ihrer Nachbarschaft, welche mit aufgeschwemmtem Erdreich bedeckt waren, daß der Boden mannigfach zerrissen und zum Theil mit Sand und Wasser überschüttet war. Die Umgebungen des Sees von Quintero, welcher mit dem Meere in Verbindung steht, waren durchlöchert, wie wenn aus zahlreichen Oeffnungen Wasser hervorgeströmt sei. Die Grünsteinfelsen, welche dort die Küste bilden, waren (wie schon oben erzählt ist) von Klüften durchzogen, und dabei zeigte sich das Gestein der ganzen Küste auf eine Strecke von mehr als 20 geographische Meilen ganz regelmäßig um etwa 3 bis 4 Fuß über sein früheres Niveau gehoben. Felsen, von denen die Fischer die an ihnen festsitzenden Kammmuscheln abzusuchen pflegten, wurden jetzt selbst bei der Fluthzeit nicht mehr ganz vom Wasser bedeckt, und ganze Reihen von Austerbänken, welche hart am Saume des Meeres lagen, waren trocken auf den flachen Strand gelegt. Ein Schiffswrack, welches in einiger Entfernung von der Küste und so lag, daß man ihm früher sich nicht nähern konnte, war jetzt auf dem Trocknen zu erreichen, ohne daß es von seiner Stelle gerückt war.

Zwar hat man diese Beobachtungen angezweifelt, aber die Beobachtungen, welche Capitain Fitzroy und Darwin an der Küste von Chili nach dem Erdbeben vom 20. Febr. 1835 angestellt haben, bestätigen vollkommen, daß dergleichen Hebungen dort bei heftigen Erdbeben einzutreten pflegen. Aus ihren Beobachtungen ergiebt sich, daß damals das Festland um 4 bis

5 Fuß gehoben wurde, jedoch bis zum April desselben Jahres wieder bis auf 2 oder 3 Fuß über sein ehemaliges Niveau zurücksank. Besonders merkwürdig waren die Erscheinungen auf der, 6 Meilen südlich von Conception gelegenen Insel Santa Maria. Diese, in nordsüdlicher Richtung anderthalb Meilen lange Insel war an ihrem südlichen Ende 8 Fuß, in der Mitte 9 Fuß und an ihrem nördlichen Ende über 10 Fuß hoch erhoben worden, weshalb man annehmen durfte, daß der ganze umliegende Meeresgrund um etwa 9 Fuß aufwärts gestiegen sei, eine Annahme, welche auch durch directe Sondirungen vollkommen bestätigt worden ist. Ein großes flaches Felsenriff an der Nordseite der Insel, welches vor dem Erdbeben zum größten Theile unter Wasser lag, war mit Tausenden von anhängenden Muscheln über den Wasserspiegel herausgetreten, so daß die Verwesung dieser Thiere einen unerträglichen Gestank verbreitete.

Andere Belege für die Hebung des festen Landes durch Erdbeben liefert auch das so häufig erschütterte Candien. Nach sorgfältigen Beobachtungen, welche Spratt auf dieser Insel angestellt hat, ist in verhältnißmäßig neuerer Zeit das westliche Ende dieser großen Insel (sie hat 35 Meilen Länge) um 17 Fuß, ein Theil der Südküste sogar um 27 Fuß, über den Meeresspiegel heraufgestiegen, während das östliche Ende um mehrere Fuß gesunken ist. Auch an der östlichen Küste Vorder-Indiens hat man drei sehr deutliche durch Korallen und Muscheln bezeichnete alte Strandlinien aufgefunden. Die letzte Hebung, durch welche die unterste dieser Strandlinien hervortrat, soll vor ungefähr 200 Jahren Statt gefunden haben und man vermuthet, daß sie mit einem untermeerischen vulkanischen Ausbruch zugleich eintrat, der sich in der Gegend von Pondichery ereignete. Das neueste Beispiel dieser Art von Erhebung ist auf Neu-Seeland vorgekommen. Bei dem Erdbeben vom 23. Jan. 1855 wurde bei Wellington ein Landstrich von 200 Quadratmeilen um 1 bis 9 Fuß emporgehoben und eine 9 Fuß hohe Terrainstufe gebildet, welche sich 20 Meilen weit verfolgen läßt. Während hierbei das Land nördlich von der Cook-Straße, bei Wellington und Port-Nicholson emporstieg, senkte es sich dagegen südlich von derselben um ungefähr 5 Fuß.

Ebenso bestimmt, wenn auch weniger häufig, als Hebungen des Landes sind Senkungen desselben nachgewiesen. In den nachweisbaren Fällen sind diese Senkungen aber nur auf kleinere Theile des Festlandes beschränkt geblieben, als die Hebungen, und oft sind Beispiele für dieselben angeführt worden, wo es sich nur um Ablösungen und Rutschungen des Bodens handelte. Dergleichen Fälle unterscheiden sich dann von gewöhnlichen Landschlipfen und Bergstürzen nur dadurch, daß Erdbeben die unmittelbare Veranlassung zu ihnen gegeben haben. Nichtsdestoweniger kann das Vorkommen von wirklichen Senkungen des Landes als Folge von Erdbeben nicht bezweifelt werden.

Bedeutende, wenn auch vielleicht locale Senkungen haben bei dem Erdbeben von Jamaica (1692) sich gezeigt. Zu Port-Royal, der damaligen Hauptstadt, in der mehr Häuser stehen geblieben sein sollen, als auf der ganzen übrigen Insel, versanken drei Viertheil von den Gebäuden sammt dem Grunde, auf dem sie standen, um 30 bis 40 und 50 Fuß. Dagegen scheinen manche stehen geblieben zu sein, denn es ist bestätigt, daß nach dem Erdbeben die Mastspitzen verschiedener im Hafen untergegangener Schiffe, sowie die Schornsteine von großen Häusern und Magazinen gerade über die Wellen hervorsahen. Ein Strich Landes in der Nähe der Stadt, von ungefähr 1000 Mrg. Größe, sank während des ersten Stoßes innerhalb einer Minute nieder und wurde sogleich vom Meere bedeckt. Auf der Nordseite der Insel wurden mehrere Pflanzungen mit ihren Bewohnern verschlungen und an dieser Stelle erschien ein See, der mehrere tausend Morgen umfaßte. Im Laufe der Zeit trocknete er aus, ließ aber auf seinem Grunde nichts als Sand und Geschiebe erkennen, und keine Spur davon, daß dort einmal Häuser und Bäume gestanden hatten.

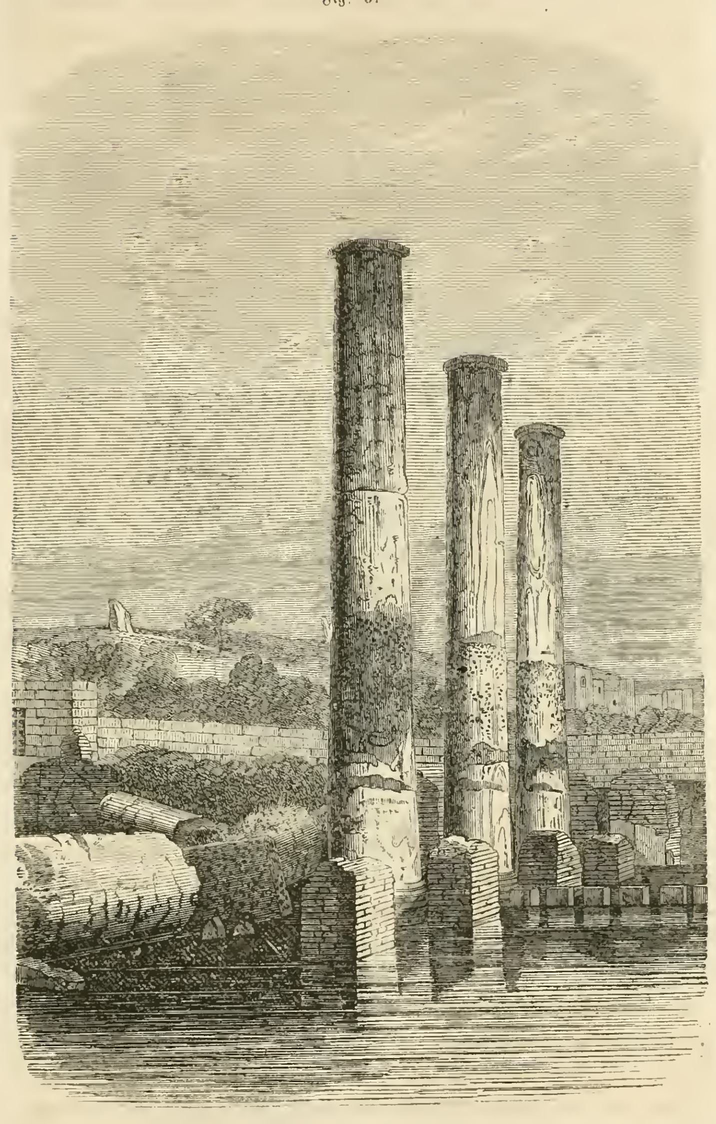
Ein etwas complicirtes, aber darum nicht wenig überzeugendes Beispiel von Senkungen und Hebungen desselben Landstriches liefert der Zustand, in dem sich die Reste des, um die Mitte des vorigen Jahrhunderts in der Nähe von Puzzuoli, entdeckten sogenannten Jupiter-Serapis Tempels befinden. Es steht dieser Tempel kaum 100 Schritt vom Seestrande entfernt, im Norden des Städtchens Puzzuoli, nicht weit von der Villa

des Cicero, am Meerbusen von Bajae im Westen von Neapel. Der Fuß des Tempels liegt jetzt unter dem Niveau des Meeres und das Gewässer bedeckt ihn, je nach seinem Stande, auf 1 bis 1 1/2 Fuß. Drei große Säulen von griechischem Marmor, einige nur 30 Fuß hoch, stehen noch aufrecht, andere sind zerbrochen und verstreut, und von kleineren Säulen aus röthlichem Marmor, welche das innere Heiligthum, die um 3 bis 4 Fuß höher gebaute Cella zierten, liegen viele umher. Alle diese Marmorsäulen sind in einer bestimmten und völlig gleichen Höhe von zahlreichen Bohrmuscheln, Thieren, die überall in diesen Gegenden die Kalkfelsen der Küste unmittelbar unter der Oberfläche des Wassers anzubohren pflegen, zerfressen. Der Raum, auf dem dieses geschehen, ist gegen oben und unten scharf begrenzt, so daß er einen ungefähr 8 bis 9 Fuß breiten Gürtel um jede Säule bildet. Bei den großen Säulen liegt die untere Grenze der Bohrlöcher etwa 10 Fuß über dem Sockel, bei denen der Cella aber, da diese höher gestanden haben, nur 5 bis 6 Fuß über demselben. Der untere Theil der Säulen ist völlig glatt und äußerst wohl erhalten, der obere aber, über dem Kranz, den die Löcher der Bohrmuscheln bilden, ist stark abgewittert, in der Art, wie es Kalksteine zu zeigen pflegen, wenn sie, wenig über das Meer hervorragend, bald dem Einfluß der Wellen, bald dem von Luft und Sonnenschein ausgesetzt sind.

Als man den Tempel im Jahre 1749 entdeckte, ragten die Säulen nur mit ihrem oberen Theile aus den Schichten kleiner Schlacken und vulkanischen Sandes hervor, welche bis zu einem steileren Abfall des Ufers fortsetzten, auf dem die Reste der Villa des Cicero stehen. Diese neueren vulkanischen Schichten sind offenbar unter dem Wasser abgesetzt worden, da sie stellenweise viele Schalen von Muscheln umschließen, welche jetzt noch im dortigen Meere gefunden werden. Erst nach Wegräumung dieser Schichten sind die Ueberreste des Tempels so bloßgelegt worden, wie sie noch gegenwärtig erscheinen und die nachstehende kleine Skizze sie zeigt.

Aus der Gesammtheit aller dieser Wahrnehmungen stellt sich nun ganz unzweifelhaft heraus, daß die Ruinen dieses Tempels, der doch ursprünglich gewiß nicht in dem Wasser des

Fig. 3.



Meerbusens, sondern mindestens einige Fuß über demselben erbaut worden ist, durch eine Senkung der Küste bis zu ungefähr 30 Fuß unter den Spiegel des Gewässers versetzt worden sind.

Diese Senkung muß ohne sehr heftige Bewegungen vor sich gegangen sein, da sowohl die großen äußeren Säulen des Tempels, als auch die viel kleineren der Cella sich stehend erhielten, aber sie kann in kleineren Absätzen zu verschiedenen Malen sich wiederholt haben. Gleichzeitig oder später haben starke Auswürfe vulkanischer Aschen und Auswürflinge sie auf ein Mal oder allmälig umgeben und endlich hat eine einzelne oder eine Reihe späterer Erhebungen der Küste, von deren einer uns Näheres aus dem Jahre 1538 berichtet wird, den Tempel-Resten wieder ihre jetzige Lage gegeben.

Uebrigens finden sich an der ganzen Küste der Umgebung von Neapel so zahlreiche Spuren von Hebungen und Senkungen des Landes, daß der Serapis-Tempel von Puzzuoli nur deshalb besonders merkwürdig erscheint, weil er den Beweis für beide Arten der Erscheinungen derselben Stelle liefert. Ein italienischer Gelehrter hat sogar versucht zu beweisen, daß die ganze neapolitanische Küste von Gaëta bis Amalfi, d. h. auf ungefähr 20 Meilen, bald höher, bald tiefer gelegen habe. Ihren höchsten Stand nimmt er ungefähr 200 Jahre v. Chr. an, den tiefsten zwischen dem 9. und 10. Jahrhundert unserer Zeitrechnung. Von da an bis zum Beginn des 15. Jahrh. läßt er sie wieder steigen und dann bis auf den heutigen Tag abermals sinken. Den größten Niveau-Unterschied nimmt er zu ungefähr 40 Fuß an. Sehr wichtig wäre es, dergleichen merkwürdige Erscheinungen, wie bei dem vorerwähnten Tempel, unwiderleglich festgestellt zu sehen.

Merkwürdige Senkungen und Hebungen des Landes haben sich in dem vulkanischen Districte der Indus-Mündungen zugetragen. Das Erdbeben, welches am 16. Juni 1819 besonders die Halbinsel Cutch erschütterte, zerstörte die Hauptstadt Bhooj, sowie alle kleineren Ortschaften fast gänzlich und machte sich bis Katmandu in Nepaul, Calcutta und Pondichery fühlbar. Die Zerstörung menschlicher Wohnungen, so schrecklich sie ist, verändert aber doch nicht den Charakter einer Gegend, hier wurde derselbe jedoch durch eine Senkung des Bodens wesentlich verwandelt. Das Fort und das Dorf Sindri, am östlichen Arm des Indus oberhalb Luckput gelegen, wurde nämlich vollständig unter Wasser gesetzt. Man sah nach dem Erdbeben nur

die Dächer der Häuser und den oberen Theil der Wälle aus dem Wasser hervorragen. Dabei waren sie nicht zertrümmert, wie die Gebäude so mancher entfernter gelegenen Gegend, sondern verhältnißmäßig wohl erhalten. Zugleich war der östliche

Fig. 4.

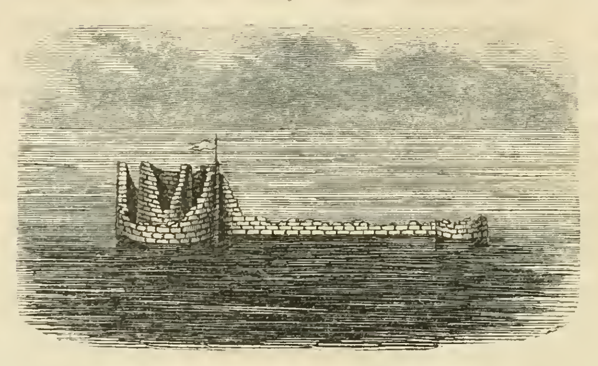


früher fast ganz unfahrbare Indusarm wesentlich vertieft. Er hatte bis dahin zur Ebbezeit nur 1, zur Fluthzeit nie mehr als 6 Fuß Tiefe gehabt, jetzt hatte er am Port Luckput bei der Ebbe mehr als 3 Faden (18 Fuß) und an anderen Stellen, wo er sonst höchst seicht gewesen war, zeigten sich 4 bis 10 F. Tiefe. Durch diese Veränderungen wurde die Schifffahrt auf diesem Flußarme, die Jahrhunderte hindurch nicht möglich gewesen war, wieder eröffnet.

Nachdem sich der Landstrich von Sindri gesenkt hatte, verbreitete sich das Meer über denselben und verwandelte fast 100 Quadratmeilen in ein Binnenmeer-Becken, und so schaut denn jetzt der letzte Theil des versunkenen Forts als ein einsames Zeichen versunkener menschlicher Wohnplätze aus einer Wasserwüste hervor. In ihn hatten sich bei der Ueberschwemmung die Bewohner geflüchtet und von ihm wurden sie am Tage hernach durch Boote gerettet.

Unmittelbar nach dem Erdstoße erblickte man 2 Stunden nördlich von Sindri einen langen Wall, der offenbar soeben

Fig. 5



erst erhoben worden war, da vorher dort nur eine niedrige, völlig ebene Gegend gewesen war. Man nannte ihn Allah-Bund oder den Damm Gottes, um ihn von einem künstlichen früher durch einen Arm des Indus gezogenen Damm zu unterscheiden.

Zehnter Brief.

Hebungen ohne sichtbaren Antheil der Erdbeben.*)

Wenn wir schon oben gesehen haben, daß ältere sowie neuere Beobachter an der Westküste von Süd-Amerika, sowohl in Chili wie in Peru, zu der Annahme gelangt sind, daß die Küste nicht bloß in neuester Zeit, sondern auch schon in der Vergangenheit auf ähnliche Weise wie jetzt durch Erdbeben emporgehoben worden sei, so finden wir bei einer sorgfältigen Prüfung der beobachteten Thatsachen und der aus ihnen gezogenen Folgerungen keinen Grund den letzteren zu widersprechen. Wir, die entfernt Stehenden, welche alle angeführten Wahrnehmungen mit kaltem Blute prüfen können, müssen uns der Annahme anschließen, daß auch früher schon, obgleich noch in

*) Obgleich dieser Gegenstand im ersten Bande des Kosmos und in den zu demselben gehörenden Briefen schon zur Sprache gekommen ist, so scheint es doch zweckmäßig ihn hier noch etwas ausführlicher zu erörtern.

der jüngsten geologischen Epoche, in unserer Schöpfungsperiode, nicht selten eine Erhebung des Festlandes aus dem Gewässer heraus Statt gefunden habe.

Wir folgern dieses einerseits daraus, daß wir vor unsern Augen dergleichen Hebungen geschehen sehen, andererseits daraus, daß wir die Spuren der Thätigkeit des Meeres in höherem Niveau ganz ebenso zurückgelassen finden, wie sie der jüngst erst trocken gelegte Strand uns zeigt. Wo das Gewässer der Festländer oder Inseln lange Zeit gestanden hat, da wird der Rand des Landes theils auf eigenthümliche Weise angegriffen und zerstört, theils bedeckt er sich mit neuen Bildungen von Kies und Sand und Schlamm, in denen dann auch Reste von den Schalthieren und Meergewächsen zu finden sind, welche den Wasserrand beleben. Auch ein ungeübtes Auge wird an den meisten Küsten die Grenzen des Wasserstandes gegen das eigentliche Festland wohl zu erkennen vermögen. So hält es denn nicht schwer, durch die weithin am Meeresrande verlaufenden alten Uferlinien, durch die mit den Ueberbleibseln von Meeresgeschöpfen erfüllten Stufen des früheren Strandes, durch die an Felswänden hoch über dem Meeresspiegel festsitzenden Schalen von Muscheln, von Schnecken, Würmern und Krebsen, sowie durch die Löcher der Bohrmuscheln und die eigenthümliche Auswaschung der Brandung, eine Erhebung des Festlandes an vielen Stellen nachzuweisen.

Mitunter hat man versucht, diese Erscheinungen durch ein Sinken des Meeresspiegels zu erklären, aber obgleich diese Annahme in sich noch größere Schwierigkeiten des Verständnisses bieten würde, als die der Erhebung des Landes, so wird sie doch auch leicht durch einige einfache Thatsachen widerlegt. So z. B. hat Capitain Fitz Roy auf der eben erwähnten kleinen Insel Santa Maria bei Conception nachgewiesen, daß die an den Felsen ansitzenden Muscheln an der Nordseite 10 Fuß, an der Südseite aber nur 8 Fuß über dem Meeresspiegel sich befanden. Nun müßte aber doch ein Sinken des Meeres unzweifelhaft einen gleichen Unterschied an beiden Seiten der Insel hervorgerufen haben. Noch mehr sprechen die oben angeführten Beobachtungen von Spratt auf Candia gegen eine solche Annahme. Es bleibt daher für jetzt, und hoffentlich auch für

immer, die Annahme gerechtfertigt, daß alte in höherer Lage an Meeresküsten aufgefundene Strandlinien uns berechtigen, eine frühere, wahrscheinlich durch Erdbeben hervorgerufene Hebung des Küstenlandes anzunehmen.

Der schon oft erwähnte ausgezeichnete Reisende Darwin hat Beweise dafür gefunden, daß das Festland von Süd-Amerika, seit dem Vorhandensein der jetzt lebenden Muschelarten an den dortigen Küsten, mindestens 4 bis 500 Fuß heraufgestiegen sein muß. Im Innern ist die Hebung wahrscheinlich noch viel bedeutender gewesen. An der Küste bei Coquimbo fand er sieben schmale Uferränder übereinander, welche sich aber bei Gualco zu kleinen Ebenen erweiterten und sich in den nach der Küste geöffneten Thälern bis 7 Meilen weit in's Land hinein verfolgen ließen. Schalen von Muscheln, deren Arten noch jetzt in dem dortigen Meere leben, lagen im Erdreich der Terrassen verstreut, welche zum Theil aus einem lockeren, leicht zerreiblichen Kalkstein von 20 bis 50 Fuß Mächtigkeit bestanden. Dieselben Muscheln fand Darwin aber auch weiter im Innern an Stellen von mehr als 1200 Fuß Höhe über dem Meere.

Auch das Land auf der Ostseite der Anden von La Plata bis zum Feuerlande ist nach den übereinstimmenden Beobachtungen von Darwin und d'Orbigny in neuester Zeit erhoben worden und Darwin giebt acht verschiedene Uferterrassen in dem südlichen Theile dieses Gebietes an. Die gesammte Hebung schätzt er in Patagonien auf 3 bis 400 Fuß. D'Orbigny führt an, daß im Hintergrunde der Bai von San Blas, unter 40° südlicher Breite, in 6000 Fuß Entfernung von der Küste und anderthalb Fuß über dem Stand der höchsten Springfluthen, eine sehr mächtige Sandschicht vorkommt, in welcher Gypskrystalle und viele Muscheln stecken, von Arten, die noch gegenwärtig in der Bai leben. Dabei waren die Muscheln noch in ihrer natürlichen Lage und die zweischaligen waren noch fest verbunden. Da die Fluth nun an der dortigen Küste über 24 Fuß hoch steigt und die Thiere der dort gefundenen Arten nur unter dem Wasserstand der tiefsten Ebbe sich aufhalten, so muß der Strand an jener Stelle um etwa 30 Fuß gestiegen sein.

In der Gegend von Monte Video bemerkte derselbe Be-

obachter in 12 bis 15 Fuß Höhe über dem Spiegel des La Plata, am Fuße eines Gneußhügels, eine Muschelbank, deren Arten jetzt an der nächsten Meeresküste in mindestens 16 Meilen Entfernung leben. So weit also hat sich das Meer in jüngst vergangener Zeit (geologisch gesprochen) vom alten Ufer zurückgezogen. Noch tiefer landeinwärts fand er bei San Pedro, 92 Fuß über dem Spiegel des Parana, eine Ebene mit langgestreckten, niedrigen, dünenartigen Sandhügeln, welche dermaaßen mit Muscheln erfüllt waren, daß sie las conchillas genannt wurden. Die meisten Schalen gehörten einer Art an, welche jetzt in den brackischen Wassern bei Buenos Ayres und in der Mündung des La Plata häufig lebt.

Aus der Lage der Muscheln an dieser Stelle ergiebt sich auch, daß die Hebung des Landes auf ein Mal, mit einem Rucke, erfolgt sein muß, denn wo das Meer sich allmälig von den Küsten zurückzieht, da werden die Muscheln solcher Bänke von den Wellen losgerissen, hin- und hergeworfen und zerbrochen. Da aber diese Ablagerungen im Gegentheile nur Zeichen des ruhigen Ungestörtseins aufweisen, so müssen wir annehmen, daß sie mit dem Meeresgrunde, auf dem sie lebten, durch eine plötzliche Bewegung emporgehoben und trocken gelegt worden sind. Wenn nun die Hebungen ähnlicher Art an der Westküste von Süd-Amerika nachweisbar durch Erdbeben hervorgebracht worden sind, sollten diese Hebungen nicht dieselbe Ursache haben?

Andere Küsten zeigen ähnliche Erscheinungen und wenn auch dort nicht der unmittelbare Beweis zu liefern ist, daß Erdbeben hebend gewirkt haben, so ist doch auch kein Grund daran zu zweifeln, daß diese Hebungen ebenfalls auf Rechnung der Erdbeben zu setzen seien. Auf diese Weise kommen wir zu der Einsicht, daß die Erdbeben, zwar oft in vorgeschichtlicher Zeit, aber doch in der neuesten Epoche unserer Erdentwickelung, einen sehr wesentlichen Antheil an der Form und Größe, an der Umgestaltung und Ausbildung unserer Erdoberfläche haben. Beleuchten wir, um der Wichtigkeit der Sache willen, noch einige hierher gehörige Fälle etwas näher, zunächst Hebungen, welche sich an den Rändern des Mittelländischen Meeres erkennen lassen.

Man kann dergleichen an der sicilianischen Küste in der Nähe des Aetna deutlich wahrnehmen. Am nördlichen Fuße desselben liegt bei Giardini eine alte Strandlinie. Sie fällt von 180 Fuß Höhe allmälig gegen den jetzigen Strand hinab und besteht aus Sand, Geröll und theils wohlerhaltenen, theils zerbrochenen Muschelresten, ganz von der Beschaffenheit des Strandschuttes, den das Meer noch heutzutage weiter unten hin und her rollt. Bei Taormina am Vorgebirge S. Andrea befinden sich Bohrlöcher mit zum Theil noch darin sitzenden Bohrmuscheln in 140 Fuß Höhe über dem jetzigen Meeresspiegel. Bei Catania endlich, an der Südseite dieses Feuerberges, breiten sich dunkelgraue Thonbänke aus, in denen äußerst wohl erhaltene Muschelschalen lebender Arten mit der größten Frische in Glanz und Farbe eingebettet sind. Es liegen die Thonlager hier nur in 30 bis 60 Fuß Höhe über dem Meere, aber an anderen Stellen, weiter im Innern des südlichen Theiles der Insel, des sogenannten Val di Noto, treten dieselben Schichten in 300, 600 und 1000 Fuß Höhe auf.

Ein, für die Wissenschaft viel zu früh verstorbener, geistvoller und eifriger Geologe, Fr. Hoffmann, hat in der Umgegend von Palermo eine Reihe feiner Beobachtungen angestellt, welche auch dort ein Aufsteigen der Inselränder in neuester Zeit unzweifelhaft erscheinen lassen. „Die Lage dieser Stadt nämlich, sagt er, ist in dem Grunde eines flach ausgeschweiften Meerbusens, der bis zu etwa stundenweiter Entfernung von der Küste von einem Halbkreise schroff aufsteigender Berge eingefaßt wird, deren Gipfel sich theilweise bis zu mehr als 3000 Fuß Höhe erheben. Diese Berge werden von Kalksteinen gebildet und entblößen theilweise nackte, starre Felswände. Zwischen der Basis derselben und dem heutigen Meere breitet sich aber eine sanft gegen das Innere aufsteigende fruchtbare und reich bewässerte Ebene aus, welche sich durch ihren prachtvollen Anbau vor den angrenzenden Berggegenden sehr auffallend auszeichnet. Wo es verstattet ist, in das Innere derselben, über die oberste Decke von Dammerde hinaus, einzudringen, da sieht man sehr deutlich, daß diese Ebene nun aus wagerechten Schichten von locker zusammengekittetem Meeressand und Geschieben gebildet wird, welche eine sehr große Zahl von Schalthieren

einschließen, die größtentheils genau von derselben Art sind, wie die gegenwärtig in dem nahen Meere lebenden. Dieselben Schichten und ihre Einschlüsse setzen deutlich gleichförmig noch auf den gegenwärtigen Meeresgrund hinaus fort, ja sie mögen sich dort noch fortwährend neubilden, und man sieht hier also auf das Deutlichste am Fuße des Gebirges einen Strich Landes, welcher dem Meere entzogen scheint, dessen alte Uferränder man sehr vollständig in dem Aneinanderstoßen der grünen Ebene und der kahlen Kalkberge schon von fernher mit den Augen verfolgen kann."

„Diese alten Uferränder aber zeigen sich bei genauerer Beobachtung mehr oder minder erhoben über dem gegenwärtigen Meeresspiegel, und der Niveau-Unterschied beider steigt an den äußersten Punkten, nach meinen Wahrnehmungen, bis zu etwa 250 Fuß an. Ueberall, wo die Wellen des alten Strandes einst die Basis der hohen Kalkberge bespült haben, finden sich mehr oder minder ausgezeichnete Spuren von ihrer vormaligen Anwesenheit, besonders deutlich in dem Innern einiger mehr oder minder tief in die Kalkberge hineingehenden Grotten, in welchen die Meereswellen aus- und eintraten. Mehrere derselben sind gegenwärtig noch zugänglich und können in ihren Verhältnissen genau untersucht werden. Keine darunter aber ist so ausgezeichnet, als die Grotta di Mardolce auf der Ostseite der Stadt in etwa ½ Stunde Entfernung, unter den Abhängen des etwa 2000 Fuß hohen Monte Grifone. Der Eingang zu dieser Grotte liegt am Fuße einer steilen Felswand in etwa 180 Fuß Erhebung über dem Meeresspiegel und etwa 50 Fuß über der eigentlichen Ebene, in welcher eine große Quellensammlung das ganze Jahr hindurch üppige Fruchtbarkeit hervorruft. Im Aufsteigen aus der Ebene zu diesem Eingange sieht man schon eine große Menge von Spuren von der vormaligen Anwesenheit des Meeres, denn die zertrümmerten und über einander gerollten Bruchstücke von Kalkstein, welche den Abhang bedecken, sind auf dieselbe eigenthümliche Art angefressen, wie heute noch überall da geschieht, wo der hinaufspritzende Schaum von der Brandung hinanschlägt. In die Räume zwischen diesen Bruchstücken drängt sich eine Breccie von fremden Gesteinsbrocken, Quarz, Sandstein, Thon und Kieselschiefer ein, welche das

Meer hier nicht beweist, sondern von fernher herbeiführte und hier locker zusammenkittete; in dem Cemente derselben stecken Bruchstücke von Austerschalen, Kammmuscheln, auf der Oberfläche der Kalksteinblöcke sind Serpeln (Wurmröhren) angewachsen."

„Doch diese merkwürdigen Zeugen der hier einst vorgefallenen Veränderung zeigen sich auf eine sehr viel regelmäßigere Weise, sobald man in das Innere der Grotte tritt. Das Erste nämlich, was die Aufmerksamkeit des Beobachters hier auf sich zieht, ist ein in den nackten Felswänden etwa 8 Fuß über dem Boden eingenagter, roher wagerechter Streifen von wenigen Zoll Breite; er ist mit angewachsenen Meeresgeschöpfen besetzt und es ist nicht zweifelhaft, daß er den ursprünglichen Stand der Oberfläche des hier eingedrungenen Meeres bezeichne. Was aber diese Ansicht noch ganz besonders bestärkt, ist, daß unterhalb dieses Streifens, wie über ihm, sich in der Felswand Tausende von dicht neben einander liegenden runden Löchern einstellen, welche entschieden von den Arbeiten der hier so häufigen Bohrmuscheln herrühren; diese Wand macht den Eindruck, als ob sie von Flintenkugeln durchlöchert wäre. Ueber dem Streifen aber ferner zeigen sich 10 bis 12 Fuß hoch sehr auffallend die Felswände, welche im übrigen Theile der Grotte rauh und zackig sind, in flach wellenförmigen Biegungen ausgewaschen, und an einigen Stellen so glatt, als ob sie künstlich polirt seien. Es ist nicht schwer in diesen Wirkungen die Thätigkeit der einst hier hin und her rollenden Meereswellen zu erkennen, welche im Innern dieser Höhle, wie gegenwärtig noch in so vielen andern, auf und nieder schwankten. Endlich auf dem Grunde dieser Höhle, unter dem von Bohrmuscheln angenagten Streifen, liegt, ganz abgeschlossen von der Fortsetzung mit altem Meeresgrunde, eine mehrere Fuß dicke Schicht von ächtem Meeressand, worin unzählige und noch sehr wohlerhaltene Schalthiere sich finden, deren ich hier nahe an 60 Arten sammelte, welche sämmtlich, bis auf sehr unbedeutende Zweifel, mit den noch im benachbarten Meere lebenden übereinstimmen."

„Die Erscheinungen dieser merkwürdigen Höhle bieten ein so vollständiges Analogon zu den Verhältnissen des Serapis-Tempels bei Puzzuoli dar, daß die ganz gleichartige Deutung

derselben wohl kaum noch einem Zweifel unterliegen kann. Es ist klar, daß die Palermo umgebende Bergreihe sich in einer verhältnißmäßig sehr neuen Periode noch um durchschnittlich etwa 200 Fuß über den Spiegel des gegenwärtigen Meeres erhoben habe, und wenn man sieht, wie die Oberfläche des alten Meeresgrundes sich der gegenwärtigen unmittelbar anschließt, so mögte man fast glauben, daß eine solche Hebung ganz allmälig immer noch fortdauern könne."

„Die Erscheinung ist ferner keineswegs nur auf den Meerbusen der Hauptstadt beschränkt, sondern es finden sich auch sehr zahlreiche Spuren derselben gegen Osten an der steil und felsenreich aufsteigenden Nordküste der Insel. An unzähligen Orten längs der Straße, welche nach Termini führt, sieht man hier die zertrümmerten Kalkfelsen mit neuen Meeresproducten vermengt, oft zeigen sich starke Lager von Meeressand mit Muscheln gemengt und locker verkittet am Küstengebirge aufwärts in 100 bis 200 Fuß über dem gegenwärtigen Meeresspiegel. Weiter im Innern des Landes kommt dieselbe Reihe von Erscheinungen (wenn gleich nicht immer so klar entwickelt), welche wir zu Palermo an der Meeresküste wahrnehmen, noch in Erhebungen von 1000, ja bis 3000 Fuß über dem jetzigen Stande des Meeres vor."

Wenn wir bei diesen Erscheinungen auf Sicilien und in Unter-Italien unwillkürlich darauf hingewiesen werden, sie in Zusammenhang zu bringen mit den wilden Gewalten, welche in den Vulkanen dieser Gegenden gefangen sind, so muß es uns um so merkwürdiger erscheinen, wenn wir Hebungen des Landes ganz verwandter Art in Gegenden entdecken, welche keine thätigen Vulkane mehr in ihrer Nähe haben. Die Insel Sardinien ist in gerader Linie 60 Meilen vom Vesuv und 70 Meilen vom Aetna entfernt, vulkanische Gesteine sind auf ihr gar nicht zu Hause, sie ist ein alter Fels, im Ganzen schon in früher Zeit in seine jetzige Gestalt getreten, und dennoch sehen wir ganz ähnliche Verhältnisse wie an Sicilien in Bezug auf jüngste Hebung an ihr nachgewiesen. Es findet sich z. B. bei Cagliari vom Meeresspiegel an bis zu 150 Fuß Höhe eine Ablagerung von Schalthieren jetzt lebender Arten, sowohl Muscheln als Schnecken, wie sie noch heute den dortigen Strand

bevölkern. Mitten unter ihnen liegen die Scherben eines groben, schlecht gebrannten Töpfergeschirres. Dabei sind die Muscheln alle vollkommen gut erhalten und die Austern sitzen fest auf dem Kalksteine, welcher die Unterlage dieser Muschelbänke bildet. Es ist kein Zweifel, daß sie nicht angeschwemmt wurden, sondern wirklich an Ort und Stelle gelebt haben. Und durch diese Thatsachen weist sich eine großartige Hebung Sardiniens nach, in einer Zeit, wo die Insel bereits von den Menschen bewohnt wurde.

Vielfache Beobachtungen sprechen dafür, daß sich ähnliche Hebungen in jüngster Zeit an vielen Punkten der Küsten des Mittelländischen Meeres zugetragen haben. Wir wollen hier nur noch eines äußersten Punktes Erwähnung thun. Die sandige Ebene an der Nordseite des Felsenberges, an und auf dem Gibraltar liegt, zeigt da, wo der Wind den Sand fortgeweht hat, ansehnliche Muschelbänke. Alle die Muscheln, von denen sie herrühren, leben noch gegenwärtig in dem dortigen Meere, welches auch nicht weit von der Küste, in 12 Fuß Tiefe, eine ganz ähnliche von ihnen gebildete Bank in lebendem Zustande enthält, während die ältere Bank ebenso hoch über dem Wasser liegt. Von der Südspitze, Europa-Point, aufsteigend kann man in 5 verschiedenen Erhebungen, bis zu 600 Fuß Höhe, dergleichen Muschelablagerungen finden, was offenbar auf ebenso viele stufenweise erfolgte Hebungen des Felsens von Gibraltar hinweist.

Die Thatsachen, welche wir für die Hebung des Meerbusens von Palermo angeführt haben, lassen es zweifelhaft, ob wir anzunehmen haben, daß derselbe ruckweise gehoben sei, und daß die Spuren solcher Vorgänge nur durch die mehrtausendjährige Cultur an dieser lieblichen Stelle unsers Erdtheils verwischt worden seien, oder ob wir glauben dürfen, daß neben den augenblicklichen, stoßweisen Hebungen auch ein allmäliges Auftreiben ganzer Landstriche vor sich gehen könne. Die letztere Annahme findet ihre Bestätigung in mannichfachen Beobachtungen, welche sich an den mittel- und nordeuropäischen Küsten haben anstellen lassen, wo einerseits ruckweise Bewegungen nachgewiesen werden können, andererseits zweideutige Hebungen, deren Art sich nicht direct bestimmen läßt, endlich aber ein ganz

allmäliges Aufsteigen, über dessen Natur, unabhängig von allen Erdbeben oder momentanen Erschütterungen, kein Zweifel bleibt. Doch schließen beide Erscheinungen einander gegenseitig nicht aus, wie denn ein in langsamer und kaum merklicher Erhebung begriffener Landstrich durch ein heftiges Erdbeben plötzlich in ine rasche und sehr merkbare Bewegung versetzt werden kann.

So bieten z. B. die Küsten von Frankreich zwischen den Mündungen der Loire und Garonne, in der Vendée und im Angoumois, vielfache Thatsachen, welche eine ansehnliche Hebung des Landes in neuester Zeit nachweisen. Bei Bourgneuf, unweit la Rochelle, liegen die Reste von dem Wrack eines im Jahre 1752 an dei damaligen Küste auf einer Austernbank gescheiterten Schiffes, jetzt mitten in einem angebauten Felde, in 15 Fuß Höhe über dem mittleren Meeresstrande. Auch hat die Gemeinde des Ortes in Zeit von 25 Jahren über 500 Hektaren (ungefähr 2000 Morgen) Land durch Zunahme der Küste gewonnen. Port Bahaud, wo sonst die holländischen Schiffe ihre Salzladungen einzunehmen pflegten, liegt jetzt 9000 Fuß vom Meere entfernt und die ehemalige Insel Olonne ist jetzt nur noch von Morästen und Wiesen umgeben. Ebenso liegen in der Vendée Muschelbänke mit Schalen, die nur von Thieren des benachbarten Meeres herstammen, in 9000 Fuß Entfernung vom jetzigen Strande und in 30 bis 45 Fuß Höhe über dem mittleren Meeresstande.

Die zahlreichsten und zuverlässigsten Nachrichten über Hebungen an den Küsten haben wir aber von dem britannischen Meeresufer, was, wie ein klar blickender Geologe sagt, seinen natürlichen Grund darin hat, daß dieses Inselland eine sehr bedeutende Küstenentwickelung und eine große Anzahl von Geologen besitzt. Von Cornwall bis nach dem nördlichen Schottland sind an der Westküste des Landes zahlreiche Beweise von neueren Hebungen aufgefunden worden, wogegen die Ostküste und stellenweise auch die Südküste Englands auffallende Belege von Senkungen geliefert hat. Dieselben Muschellager, welche an der Südküste von Devonshire und Cornwall nur wenige Fuß hoch über dem Meeresspiegel liegen, steigen in Nord-Devonshire bis zu 120 Fuß Höhe auf. Aehnliche Lager an der Servin, zwischen Worcester und Gloucester, erheben sich

nur einige Fuß hoch, steigen aber landeinwärts bis zu 500 und 600 Fuß, ja von Moel-Tryfane in Cairnarvonshire bis zu 1300 Fuß Höhe hinauf. Ebenso verbreiten sich Geröll und Muschelbänke von den Küsten von Lancashire landeinwärts und kommen in Nord-Wales und Shropshire bis zu 1000 Fuß über dem Meere vor.

Für Schottlands Erhebung lassen sich ähnliche Erscheinungen nachweisen. Alte Strandablagerungen liegen in der Nähe des Clyde in 40 Fuß über dem Meere, am Loch Lommond in 70 Fuß und in der Gegend von Glasgow und bei Gamrie in 350 Fuß. Sehr merkwürdig sind auch die Beobachtungen, welche man an der schottischen Insel Jura gemacht hat, die zwischen der großen Insel Ista und dem Festlande liegt. Man sieht dort an der dem hohen Meere zugekehrten Westseite der Insel auf fast 2 Meilen Erstreckung am Felsenufer eine Reihe von ausgezeichneten Terrassen, 6 bis 7 übereinander, deren niedrigste im Niveau des Meeres, die höchste etwa 40 Fuß darüber lag. Auf den wagerecht zwischen denselben liegenden Flächen, welche etwa 200 Fuß Breite besitzen, war der Boden mit abgerollten Kieseln derselben Art bedeckt, wie das Meer sie noch heute ans Land wirft. Die höchste Strandlinie liegt in etwa 40 Fuß Meereshöhe und zieht sich, wo die Küste steil ist, nur 300 Fuß, wo sie flach wird, fast eine englische Meile (5000 Fuß) weit ins Land hinein. In der Gegend des Loch Tarbert lassen sich diese Geröllbänke fast 2 Meilen weit verfolgen. Sie sind offenbar durch die Brandung am Ufer gebildet, denn sie stimmen in allen Einzelnheiten mit den Geröllmassen überein, welche noch jetzt durch die Thätigkeit an der Küste aufgehäuft werden. Auf der Ostseite von Jura und auf den benachbarten Inseln fehlen sie, und man darf sich daher wohl den Schluß erlauben, daß die Insel Jura allein unter den umgebenden Gegenden wiederholte, ruckweise Hebungen erfahren habe. Auch für neuere Hebungen der Hebriden und Irlands werden zuverlässige Beobachtungen angeführt.

Von allen Erhebungen des Festlandes aber, welche in neuerer Zeit bekannt geworden sind, hat keine in höherem Grade das Aufsehen in der ganzen naturwissenschaftlichen Welt erregt, als die Hebung von Schweden. Der schwedische Astronom und

Naturforscher Celsius, nach dem wir noch heute die Theilung des Thermometers benennen, war vor mehr als 100 Jahren der Erste, welcher ein Sinken des Gewässers in der Ostsee behauptete. Ihm schlossen sich in Schweden Dalin und Linné an, während in Norwegen ein dortiger Naturforscher, Jessen, das Sinken des Meeresspiegels an der norwegischen Küste durch eine Erhebung des Bodens als Folge von Erdbeben nachzuweisen versuchte. Celsius stützte sich bei seiner Annahme auf folgende Thatsachen: „1) Alle Häfen," so sagt er, „deren Tiefe nicht zu jähe geht, sind mit der Zeit untiefer geworden, so daß man einen großen Theil der Seestädte am bothnischen Busen von ihren alten und über die Wasserfläche erhöhten Stellen weiter nieder an den Seestrand gerückt hat, weil die Fahrzeuge nicht mehr so weit hinauf kommen konnten, als Hudicswall, das 58 Jahre nach seiner Anlegung ungefähr 440 Tammar (Klafter) tiefer ist gerückt worden; Piteå hat man eine halbe Meile nach der See zu nach 45 Jahren gerückt, und Luleå nach 28 Jahren eine Meile tiefer. Ebenso können jetzt zu Torneå keine großen Fahrzeuge mehr landen, die doch 1620, da die Stadt angelegt wurde, dahin kamen. So sind auch bei Tanum und Gribbstad in Bohuslehn Häfen, da man, wie sich alte Leute noch von den Zeiten ihrer Kindheit erinnern, mit einer Fracht anlegen konnte, jetzt aber kaum mit einem Bote hinkommen kann."

„2) Durchfahrten in den Scheeren, wo man vor 20 Jahren mit einem großen Fahrzeuge durchkommen konnte, vertragen jetzt nur Boote und kleinere Fahrzeuge, z. B. vor Gefle und Wasa, wie auch in den Scheeren von Bohuslehn, wo zu Gullholm in Morland und Oroust verwichenen Sommer etliche 40 Lootsen versammelt waren, von denen keiner unter 60 Jahren war, und die dem Herrn Kalm einhellig berichteten, daß sie jetzt kaum 15 Fuß tief gehen könnten, wo sie in ihrer Jugend 18 Fuß tief gegangen waren."

„3) Die äußersten Klippen der See, wo vor einigen Jahren kaum ein oder zwei Steine zu sehen waren, weisen nun lange Reihen außerhalb des Wassers: z. B. bei Mustasari, Wasa, Malar und Nerpis, Kirchspielen in Ost-Bothnien. In Gudmunds-Scheeren in Bohuslehn berichtet ein Mann von

83 Jahren, er hätte in seiner Jugend nur den Hut auf eine aus der See hervorragende Klippe setzen können, aber itzo zeige sich eine große Stufe, deren Gipfel sechs Viertel über das Wasser erhöht sei. Eine kleine Scheere bei Gulholmen konnte, wie besagter Lootse ein Kind war, nicht gesehen werden und stehe nun eine Elle hoch aus dem Wasser u. s. w."

Endlich: „13) In morastigen und sumpfigen Gegenden, weit im Lande hinauf, findet man Stücke von großen Fahrzeugen, als in den Morästen über der Stadt Wasa, nach der Seite des festen Landes zu. In Sümpfen weit in's Land hinauf hat man Anker gefunden, als in Füllbaka in Bohuslehn, 1 Meile von der See."

und „14) Es finden sich Muscheln und Seegras in fossilem Zustande im trockenen Lande."

Nach diesen Beweisen nahmen die vorerwähnten skandinavischen Naturforscher den Rückzug des Meeres als erwiesen an, und ihnen folgten neuere Gelehrte. Playfair sprach in dem Jahre 1802 den Gedanken von Jessen, wohl ohne ihn zu kennen, wieder aus, und Leopold von Buch, der jene beiden Arbeiten nicht kannte, legte ihn im Jahre 1807 in seiner classischen Reise durch Norwegen und Lappland, als volle wohlbegründete Ueberzeugung dar. Ich kann es mir nicht versagen, die betreffende Stelle aus seiner Reise hier noch anzuführen. „Eine Meile hinter Skelefsho in Westerbotten," so erzählt er, „kam ich nach Innerriken, an einen schmalen Meerbusen. Noch vor wenig Jahren fuhr man mit Booten darüber — nun aber ist er so ausgetrocknet, daß die Straße hat darüber hinweggeführt werden können, und die Anwohnenden, welche die Abnahme täglich vor Augen bemerken, glauben es noch zu erleben, den Boden des Meeresarms in Acker und Wiesen verwandelt zu sehen. — Es ist hier kaum ein kleiner Fleck, der nicht diese Abnahme bestätigt, und gegen die Anwohnenden am ganzen Golf herunter darüber Zweifel zu erregen, hieße wahrlich sich bei ihnen lächerlich machen. — Es ist ein äußerst sonderbares, merkwürdiges, auffallendes Phänomen! Wie viel Fragen drängen sich hier nicht auf, und welches Feld zur Untersuchung für schwedische Physiker. Ist die Abnahme in gleichen Zeiträumen dieselbe? Ist sie an allen Orten gleich groß? oder

vielleicht größer und schneller im Innern der Bothnischen Bucht? — Gewiß ist es, daß der Meeresspiegel nicht sinken kann; das erlaubt das Gleichgewicht der Meere schlechterdings nicht. Da nun aber das Phänomen der Abnahme sich gar nicht bezweifeln läßt, so bleibt, so viel wir jetzt sehen, kein anderer Ausweg, als die Ueberzeugung, daß ganz Schweden sich langsam in die Höhe erhebe, von Fredericshall bis gegen Åbo und vielleicht bis Petersburg hin. Auch an den Küsten von Norwegen bei Bergen, in Söndmör und Nordmör hat man etwas von dieser Abnahme empfunden. Allein sichtlich ist am Westmeere der Glaube an Abnahme des Meeres nicht so ausgebreitet, so allgemein, und nicht so gewiß, als in der Bothnischen Bucht. — Möglich wäre es doch, daß Schweden mehr stiege als Norwegen, der nördliche Theil mehr als der südliche."

Nachdem die allgemeine öffentliche Aufmerksamkeit einmal auf diesen Gegenstand gelenkt war, konnte er nicht mehr unentschieden bleiben. An zahlreichen Felsen der schwedischen Küsten waren Merken des Wasserstandes eingehauen worden und alle diese Punkte wurden in den Jahren 1820 und 1821 von einem Akademiker unter Zuziehung der Beamten des Lootsenwesens untersucht und das Resultat in einem Berichte an die Akademie der Wissenschaften zusammengestellt. Es ergab sich, daß der Meeresspiegel längs der ganzen Küste des Bothnischen Meerbusens gesunken sei, jedoch keineswegs an allen Stellen gleichmäßig.

Und doch, nach allen diesen vorgebrachten Thatsachen, wollten noch nicht alle Männer von Fach an diese großartige, und für die Theorie der Erdbildung unendlich wichtige Erscheinung glauben. Im Jahre 1822 hatte K. v. Hoff die Angaben von Celsius zu entkräften versucht und bis zum Jahre 1834 war der ausgezeichnete englische Geologe Lyell noch zweifelhaft, ob er der von Buch so bestimmt ausgesprochenen Ansicht sich anschließen dürfe. In diesem Jahre unternahm er eigens zu diesem Zweck eine Reise nach Schweden und überzeugte sich auf derselben vollständig von der Richtigkeit der älteren Ansicht, daß sich ein großer Theil Schwedens im Zustande langsamer, ganz allmäliger Hebung befinde. Die ersten Beweise einer Hebung fand er am Schlosse von Kalmar, wo

sie für 100 Jahre nur 1 Fuß auszumachen schien, weiter gegen Norden aber vergrößerte sie sich, und die mittlere Größe der Erhebung beträgt nach ihm, so wie nach den schwedischen Bestimmungen etwa 3 Fuß in einem Jahrhundert.

Wie für die schwedischen Küsten an der Ostsee, so ist auch für einen großen Theil der schwedischen Westküsten und für ganz Norwegen unwiderleglich dargethan, daß diese Gegenden, wenn sie auch jetzt nicht mehr gehoben werden, noch eine Hebung in historischer Zeit nachweisen lassen, dennoch eine, oftmals sehr bedeutende Hebung, bis zu 600 Fuß, in der Zeit unserer jetzigen Erdepoche erfahren haben. Schon Linné führt in seinen Reisen durch West-Gothland ein Muschellager bei dem Orte Erdwalla an, das lauter Schalenreste enthielt, deren Thiere alle noch im nahegelegenen Meere leben. Buch entdeckte auf seiner oben angeführten Reise an der Westküste Norwegens, nördlich von Drontheim, in Nordland und Finnmarken an vielen Orten Lager von Thon und Sand mit Meeresmuscheln, und später haben norwegische und fremde Naturforscher ganze Reihen solcher Vorkommnisse von Cap Lindesnäs bis zu dem Nord-Cap nachgewiesen. Aus allen diesen Arbeiten geht nun hervor, daß die Erhebungen von Norwegen vorwaltend ruckweise gewesen sind, die an vielen Stellen sich mehrmals wiederholten, wie dies die in verschiedenen Höhen übereinander vorkommenden Küstenterrassen und alten Strandlinien erweisen.

Ein wichtiges Resultat ergaben die Forschungen einer französischen Expedition in die nordeuropäischen Meere, welche die Lage zweier alter Strand-Terrassen im Meerbusen des Altenfjords durch sorgfältige Messungen genau bestimmte. In diesem Meerbusen lassen sich jene zwei Ufer-Terrassen übereinander, vom Anfange des Fjords bei Altengaard bis weit hinaus nach Hammerfest, auf 8 bis 9 Meilen weit verfolgen. Die obere bildet im Hintergrunde der Fjords ein kleines, meist aus Sand bestehendes Plateau in mehr als 200 Fuß Höhe, unter ihr liegt, um mehr als 100 Fuß niedriger, die zweite Terrasse, und beide folgen nun einander im ganzen Umkreise der Küste, anscheinend wagerecht und parallel. Doch sind sie beides nicht. Sie senken sich nach außen allmälig und nähern sich einander

mehr und mehr. Ihr Zwischenraum, der Anfangs über 100 Fuß betrug, sinkt allmälig bis unter 50 Fuß herab. Die Messungen gaben folgende Zahlen:

	Höhe der oberen Terrasse	Höhe der unteren Terrasse	Abstand beider Terrassen
Im innersten Fjorde . .	207,5 Fuß	85,3 Fuß	122,2 Fuß
Am Koma-Fjord . . .	159,5 „	63,1 „	96,4 „
Bei Hammerfest	88,0 „	43,4 „	44,6 „

Fig. 6.



Nur die Annahme, daß an dieser Stelle eine zweimalige Erhebung des Landes eingetreten sei, kann diese Beobachtungen genügend erläutern, und zwar ist dabei in beiden Fällen der innere Theil des Landes stärker erhoben worden, als der äußere Rand gegen das Meer hin.

Auch über das nördliche Rußland und Dänemark, die beiden Nachbarn der skandinavischen Gebirge, besitzen wir die Nachweisungen einer jüngst vergangenen Hebung des Strandes. An der unteren Petschora findet man die Muscheln des Eismeeres bis 45 Meilen weit von der Mündung des Flusses, und an der Dwina liegen ebenfalls, weit in das Innere des flachen Landes hinein und bis 150 Fuß hoch über dem Spiegel des Meeres alte Meeres-Ablagerungen und Schichten von Thon und Sand mit Meeres-Conchylien. In Dänemark hat man besonders im nördlichen Jütland zahlreiche Beweise gesammelt, aus denen sich das Ansteigen des Landes in der letztvergangenen Zeit erkennen läßt, und von der Insel Bornholm weiß man sogar, daß deren Ostküste, wie die von Schweden, noch jetzt im Ansteigen begriffen ist.

Sammeln wir zu dem, was nach dem Vorhergehenden

von europäischen Localitäten bekannt geworden ist, noch das, was uns von fremden Continenten, von Nord-Amerika, Sibirien und von vielen Inseln des großen Oceans bekannt geworden ist, so häufen sich die Thatsachen, welche die Emportreibung des Landes aus dem Meere nachweisen, in solchem Grade, daß man nicht anstehen darf, es auszusprechen, das Aufsteigen des Landes aus dem Meere sei für das ganze Festland anzunehmen, und sei ein Zeichen von der Wirkung innerer Kräfte unseres Erdballes nach Außen hin.

Elfter Brief.

Senkungen ohne sichtbaren Antheil der Erdbeben.

Nach den soeben aufgeführten zahlreichen Erfahrungen, welche für ein Erheben unseres Festlandes aus dem Meere sprechen, drängt sich die Frage unwillkürlich auf, ob denn das Festland nicht mitunter auch sich wieder senke? Ein solches Spiel der Kräfte möchte uns sogar natürlich scheinen. Senkungen festen Landes sind denn auch mehrfach auf sehr bestimmte Weise nachgewiesen worden, und unbefangene Prüfung der Beobachtungen läßt an der Thatsache jetzt keinen Zweifel mehr.

Wahrnehmungen einer Senkung lassen sich, wie die der Hebung, am leichtesten an Küstenstrichen machen und wenn die letzteren aus der Trockenlegung ehemals vom Meer bedeckter Stellen hergeleitet wurden, so folgert man dagegen umgekehrt aus einer stetigen Bedeckung ehemaligen Festlandes durch das Meer das Sinken des bedeckten Landstriches. Wo man Reste von Landgewächsen oder Thieren so auffindet, daß man glauben muß, sie haben an derselben Stelle einst gestanden und gelebt, und sieht sie dennoch unter dem Niveau des Meeres, da kann man nur zu der Erklärung greifen, daß hier der Erdboden gesunken sei. Wenn man daher an Meeresküsten alte Wälder oder die Ueberbleibsel menschlicher Gebäude unter dem Meeres-

spiegel liegen sieht, so darf man sicherlich annehmen, daß jene Wälder auf dem festen Lande gewachsen, jene Gebäude dort gebaut sind.

Es ist im Vorigen erwähnt worden, daß die Hebungen der Ostküste von Schweden südlich zuerst am Schlosse von Kalmar sichtbar werden. Weiter gegen Süden, an der Nordgrenze Schonen's hin, vermag man keine Spur einer Erhebung an den Küsten aufzufinden. Auch wissen die Bewohner nichts davon zu melden. Dagegen findet nun im südlichsten Theile von Schonen seit langer Zeit, und bis auf unsere Tage, ein langsames und ganz allmäliges Versinken des Festlandes statt. Linné hatte auf seinen Reisen hier in Schonen die Lage eines großen Steinblockes nicht weit vom Meere, bei Trelleborg, genau gemessen und bestimmt. Nilsson, ein sehr achtungswerther schwedischer Naturforscher, fand ihn nach 87 Jahren um 380 Fuß dem Meere näher. In Trelleborg liegt jetzt das Steinpflaster der Straßen so niedrig, daß es bei hohem Wasserstande überschwemmt wird, und bei Aufbesserungen dieses Pflasters hat man unter ihm in 3 Fuß Tiefe noch ein anderes gefunden. In Malmöe fand sich ein solches altes Pflaster sogar in 8 Fuß Tiefe unter dem jetzigen. An mehreren Stellen der Küste von Schonen liegen 4 bis 6 Fuß dicke Torflager, die nachweisbar aus Landpflanzen gebildet sind, jetzt 2 Fuß tief unter dem Meeresspiegel. Zwischen Ystadt und Falsterboe wird eine solche Torfschicht von einer Geröllbank am Strande bedeckt, und Nilsson fand in diesem Torfe nicht bloß Süßwassermuscheln, sondern auch Lanzenspitzen aus Feuerstein, die klar beweisen, daß unser kämpfendes Geschlecht schon jene Gegenden bewohnte, als der vom Wellenschlag jetzt viel bewegte Strand noch stiller Moorgrund auf dem festen Lande war.

Die Thatsache der Senkung Schonen's ist sonach nicht zu bezweifeln, und gewinnt durch die Betrachtung ein besonderes Interesse, daß dieser sinkende Distrikt nur ein verhältnißmäßig kleiner Raum ist, gegenüber jenen Gegenden, welche neben ihm in stetigem Ansteigen sich befinden.

An manchen Stellen der englischen und auch der nordfranzösischen Küsten findet man Spuren untermeerischer Wälder. In Lincolnshire, in Cornwall, Devonshire und Somersetshire

sind sie so häufig, daß die meisten großen Flüsse an ihrer Mündung Spuren derselben bei niederem Wasserstande erkennen lassen. Theils sieht man sie mit Schlamm und Sand bedeckt, theils stehen ihre abgebrochenen Wurzelenden noch aufrecht, während die Stämme selbst flach umgebrochen liegen. Dabei entdeckt man lauter Pflanzenreste von Arten, welche jenen Gegenden noch heute angehören. Die großartigsten bedeckten Wälder kommen an der englischen Ostküste vor. Zu beiden Seiten des Meerbusens, der the Wash heißt, sowohl in Norfolk als in Lincolnshire, zieht sich ein submariner Wald hin, dessen Stämme und Stubben bei niedrigem Wasserstande sichtbar werden. Ebenso finden sich in Yorkshire, in Schottland in dem Firth of Forth und weiter nördlich überfluthete Wälder, die mitunter mit Torfmooren in Verbindung stehen, deren eines sich, vom Firth of Tay, mit 15 bis 25 Fuß Thon bedeckt hat, welcher Meeresmuscheln in großer Anzahl einschließt. Doch auch auf der Westküste Englands kommen solche submarine Wälder vor und auf den Hebriden, selbst auf den Orkney-Inseln.

Die Küsten von der Normandie und der Bretagne liefern ebenfalls vielfältige Beweise, daß das Land sich dort gesenkt hat. Man findet hier nicht bloß submarine Wälder, in denen sich noch Reste von Gebäuden wohl erkennen lassen, sondern es ist von einer Stelle, in der Bai von Cancale (die ihrer Austern wegen so berühmt ist), auch historisch nachgewiesen, daß das Versinken dieser Wälder im Anfang des 8. Jahrh., und zwar plötzlich erfolgt ist.

Sehr merkwürdig verhält sich auch die Mündung mancher Flüsse. So zeigt einer derselben in seiner Mündung auch bei tiefster Ebbe noch 55 Fuß Tiefe, sein Bett setzt dabei unter dem Meere mit zunehmender Tiefe auf 5/4 Meilen fort, bis es mit 110 bis 120 Fuß Tiefe im Meeresboden des Kanals verläuft. Dieses untermeerische Flußbett ist offenbar zu einer Zeit gebildet, als die Umgebung desselben noch Festland war, denn eine Thätigkeit des Meeres, welche dergleichen Kanäle in seinem Grunde aushöhlen konnte, ist, nach allen bisherigen Erfahrungen, nicht denkbar.

Es scheint, daß auch ein großer Theil von Grönland,

besonders die Westküste, auf mehr als drittehalb hundert Meilen Erstreckung, im Zustande langsamen Niedersinkens sich befindet. Schon in dem letzten Viertel vorigen Jahrhunderts bemerkte man auf einer Felseninsel im Meerbusen Igaliko die Mauern eines ehemaligen Gebäudes, obgleich die Insel doch bei jeder Springfluth vom Wasser völlig überdeckt wurde. Im J. 1830 war die Insel so viel tiefer eingesunken, daß auch beim gewöhnlichen Stande des Wassers nur noch die letzten Mauerreste über dem Meeresspiegel hervorragten. Bei Frederikshaab waren einst Grönländer angesiedelt, doch rollt das Meer jetzt seine Wellen über ihre in Steinhaufen verwandelten Wohnungen fort. Aehnlich verhält es sich mit früheren Ansiedelungen in der Nähe von Godthaab, von Napparsok u. a. m. Alle diese ehemaligen Wohnorte liegen zwischen dem 60. und 66. Grade nördlicher Breite. Neuerdings hat aber Kane die Spuren einer Landessenkung auch noch von 73 bis zu 76 Grad nachgewiesen, während dagegen nördlich von Westenholmsund ein Ansteigen des Landes sich bemerkbar zu machen scheint. Kane vermuthet, daß etwa unter 77° die Scheidung beider Arten von Bewegung liege. Das wäre dem Verhalten von Schweden und von Schonen völlig ähnlich.

Durch eine ausführliche Zusammenstellung der Beobachtungen früherer Reisenden, so wie der an manchen Stellen älterer Werke angeführten Thatsachen hat Klöden nachgewiesen, daß die ganze dalmatinische Küste im Sinken begriffen ist. Sowohl auf Istrien, als an der Morlacchischen Küste und auf den Inseln findet man Beweise dafür. Theils liegen Mauerreste und altes Straßenpflaster unter dem jetzigen Meeresspiegel, theils geben Zeichen an den Felsen des Strandes Beweise dafür, daß sonst das Meer dort nicht gestanden hat. „Am Ufer von Xirogoschie bei Primoria," erzählt Fortis, „ist eine Inschrift in festen Fels eingehauen, in welcher nicht allein eines Brunnens, der ehemals dort hervorquoll, Meldung gethan wird, sondern auch eines Landgutes, das er wässerte. Heut zu Tage schlägt das Meer mit Gewalt gegen diese Felsen und durch das wiederholte Anspülen des Ufersandes ist dieses schätzbare Denkmal schon beschädigt und zum Theil unleserlich geworden."

Endlich hat man die Ansicht aufgestellt, daß ein ansehnlicher Theil des Stillen Oceans und manche Gegenden in anderen Meeren in einem Zustande langsamer Senkung sich befinde. Directe Wahrnehmungen, wie in den bisher erwähnten Fällen, lassen sich dafür nicht beibringen, man stützt sich darauf, daß man die Bildung der Korallen-Inseln in jenen Meeren am besten und genügendsten erklären könne, wenn man die Hypothese annimmt, das Festland unter ihnen sei in einer ganz langsamen Senkung entweder noch begriffen oder einst begriffen gewesen. Schon in den Briefen zu dem ersten Bande des Kosmos ist der Gegenstand ganz kurz erwähnt worden, es ist indessen hier der Ort, ausführlicher darauf zurückzukommen.

Lyell war der Erste, welcher den Gedanken aussprach, daß jene weiten Meeresfelder, in welchen die ringförmigen Koralleninseln, die sogenannten Atolls, zu Hause sind, sich in dem Zustande des Sinkens befinden mögten. Nach ihm hat Darwin, der auf seiner Reise um die Welt sowohl Koralleninseln des Stillen Oceans, als des Indischen Meeres gesehen hatte, diesen Gedanken aufgefaßt und näher zu begründen gesucht. Die wesentlichen Grundlagen dieser Theorie der Inselbildung sind bereits im ersten Bande dieser Briefe ausgesprochen, doch müssen wir hier noch einmal darauf zurückkommen, daß die Hauptstützen dieser Ansicht darauf beruhen, daß der Stille Ocean in jenen Gegenden gar keine größeren Inseln anderer Art enthält und daß Korallen nur bis zu der Tiefe von 120 bis zu 150 Fuß im Meere leben können. Nun fallen aber die Korallenriffe mit außerordentlicher Steilheit bis zu großen Tiefen ab, so daß man glauben muß, es haben jene Thiere, welche zuerst sich auf irgend welcher Unterlage ansiedelten, damals in höchstens 150 Fuß Tiefe ihren Bau begonnen. Wenn sie nun jetzt in mehr als 1000 Fuß unter dem Meeresspiegel liegen, so können sie dahin nur dadurch gelangt sein, daß ihre Unterlage sich allmälig senkte.

Man hatte früher angenommen, daß die Korallen sich auf den Spitzen einzelner Berge eines noch verborgenen Continentes angesiedelt hätten, den man sich weit unter dem Meeresspiegel ausgebreitet dachte, und die Korallenringe, die Atolls, sollten auf den Kraterrändern ehemaliger oder zukünftiger Vulkane

stehen. Dem widerspricht jedoch von einer Seite die große Tiefe in der Nähe der Korallenriffe, denn was für steile Klippen müßten das allesammt gewesen sein, auf denen die Korallen bauten, und von der anderen Seite die wunderbare Erscheinung, daß von diesen Bergspitzen oder Klippen keine über den Meeresspiegel hervortritt, und doch auch keine unter 150 Fuß zurückgeblieben ist, weil sonst Korallen sich auf ihr nicht hätten niederlassen können.

Wenn daher die Korallenthiere allesammt in keiner großen Meerestiefe leben können, und wenn es nachgewiesen ist, daß die Korallenriffe bis zu großer Tiefe nur aus Korallenmasse bestehen — dann ist es sehr wahrscheinlich, daß die Stellen solcher tiefen Riffe entweder jetzt noch sinken oder doch unlängst gesunken sind. Auch muß die Senkung langsam vorgeschritten sein, da die Korallen, wie es scheint, sich stetig weiter fortentwickelt haben. Dennoch ist es ein eigen Ding, diese Hypothese einer Senkung, weil sie Naturerscheinungen ganz anderer Art erklären hilft, für wahr zu nehmen, ohne daß eine einzige directere Beobachtung ihr noch zur Seite steht. Hat uns erst irgend ein indischer oder oceanischer Geolog mit einiger Bestimmtheit nachgewiesen, daß eine dieser Inseln wirklich sinkt, dann wollen wir mit ungestörter Zuversicht diese große Thatsache als unumstößlich fest verzeichnen.

Ein amerikanischer Naturforscher, Dana, der eine Entdeckungs-Expedition seiner Regierung begleitete, hat es versucht, nach solchen Beobachtungen die Senkungs- und Hebungs-Felder in dem großen Ocean in etwas näher zu bestimmen. „Jedes Atoll," so sagt er, „ist im eigentlichen Sinne des Wortes als eine Korallen-Urne zu betrachten, welche auf einer versunkenen Insel steht; es ist ein Register, welches die Größe der stattgefundenen Senkung an sich selbst aufzeichnet. Eine von der Pitcairn-Insel nach den Piluo-Inseln gezogene Linie bildet die ungefähre Grenze zwischen den niedrigen und den hohen Inseln des Oceans; nördlich von dieser Linie bis zu den Sandwich-Inseln, also innerhalb eines Raumes von etwa 1300 Meilen Länge und 450 Meilen Breite, giebt es mehr als 200 Inseln, unter denen sich mit Ausnahme der Marquesas nur noch drei hohe Inseln befinden, während alle übrigen flache Atolls sind.

Da nun jedes Atoll eine versunkene Insel anzeigt, so muß diese ganze Region des Meeresgrundes eine Senkung erfahren haben."

Dürfen wir annehmen, daß solche ansehnliche Senkungen des Meeresbodens vor sich gehen, können wir es nicht läugnen, daß Hebungen noch jetzt thätig sind, so könnte man daraus auf eine Unsicherheit für das Niveau des Meeresspiegels schließen. Der Meeresspiegel ist nun auch nicht völlig fest; versuchen wir jedoch einmal ein wenig näher zu bestimmen, was für einen Einfluß die allmälige Hebung oder Senkung eines Meeresstriches, selbst um Hunderte von Fußen, auf jene ungeheure Wassermasse auszuüben vermöchte, die in vielen Tausenden von Fußen den größten Theil unseres Erdkörpers bedeckt, so finden wir, daß alle Schwankungen, welche im Laufe größerer Perioden im Stand des Meeresspiegels eintreten können, doch nur so klein sind, daß sie der Beobachtung in kürzeren Zeiträumen sich entziehen. In geologischen Perioden kann allerdings wohl auch ein Wechsel in dem Stand der Meeresoberfläche sich geltend machen.

Zwölfter Brief.

Das Erdbeben von Calabrien vom Jahre 1783.

Gar häufig lesen wir in unsern Tagesblättern die Mittheilung, daß an irgend einer Stelle ein Erdbeben wahrgenommen worden sei. Bald sind es schwache Erschütterungen gewesen, welche nur dadurch uns bemerkenswerth erscheinen, daß sie in unserer Nähe vorgekommen sind, bald sind es großartige Katastrophen, von deren schrecklichem Verlauf uns auch aus fernen Gegenden berichtet wird. Alle Berichte pflegen jedoch vorwaltend in der Schilderung des Unheils zu bestehen, welches die Erderschütterung den Menschen zugefügt. Da liest man, wie viel Häuser eingestürzt und wie viel Menschen unter ihren Trümmern umgekommen, viel seltner aber findet man bestimmte

Angaben über Art und Richtung jener Stöße, über ihre Zeit und Dauer, über die Wirkung, welche sie auf die Natur im Allgemeinen ausgeübt haben. Wir besitzen daher zahlreiche Angaben von Erdbeben und von den Verheerungen, welche sie anrichteten, aber wir haben nicht viel gründliche Nachweise über Art, Ausbreitung und Verlauf solcher Naturerscheinungen. Nur wo ein eifriger der Sache kundiger Naturbeobachter es sich zur Aufgabe gemacht hat, alle Thatsachen von einer solchen Katastrophe aufzusammeln, oder wo gelehrte Körperschaften den Auftrag dazu gegeben haben, da haben wir ausführliche und inhaltreichere Berichte vor uns liegen.

Zwei große Erderschütterungen sind auf solche Weise uns bis in einzelne Details bekannt geworden: das Erdbeben, welches Calabrien im Jahre 1783 heimgesucht hat, und das Erdbeben von Lissabon vom Jahre 1755. Ueber das erstere hat außer mehreren sachkundigen fremden Gelehrten, wie Dolomieu, Hamilton, Spallanzani u. A. m., eine Commission berichtet, welche die Akademie der Wissenschaften zu Neapel ausgesendet hatte; über das zweite hat der große Denker Kant die Thatsachen, soviel als ihm zugänglich waren, aufgesammelt. Da Sie nun in den vorhergegangenen Briefen zwar eine Darstellung der einzelnen Erscheinungen bei Erdbeben gefunden haben, aber noch keine Schilderung von dem Verlauf und der Verbreitung einer solchen ganzen, großen Katastrophe, so werde ich es versuchen, Ihnen im Nachfolgenden eine nur kurz gefaßte Darstellung von der Gesammtheit der Erscheinungen zu geben, welche bei diesen beiden großartigen Erschütterungen bislang bekannt geworden sind. Für den ersten Fall theils der Zusammenstellung folgend, welche Lyell in seinen Principles of Geology gegeben hat, theils den Angaben von Hoffmann und K. von Hoff, für den zweiten mich an die Darstellung von K. von Hoff in seiner Chronik der Erdbeben und Vulkan-Ausbrüche haltend.

Der Hauptsitz und auch der Zeit nach entschieden der Anfangspunkt des Erdbebens von 1783 war der südlichste Theil von Calabrien, von der Südspitze Italiens bis zu der merkwürdigen Verengerung desselben zwischen den beiden Meerbusen von Eufemia und Squillace. Dieser Theil von Italien ist

Fig. 7.



eine von dem übrigen Festlande desselben durch einen weiten flachen Thalgrund sehr natürlich abgesonderte Berginsel von ungefähr 24 Meilen Länge und 6 bis 8 Meilen mittlerer Breite. In diesem so scharf von der Natur umgrenzten Landstriche lag das Centrum des ersten und heftigsten Erdstoßes sehr deutlich in der Umgebung des kleinen Städtchens Oppido. Am Abend des 4. Februar ging die Sonne hier mit einem auffallend trüben Lichte unter, obgleich der westliche Himmel ohne Wolken war. Am Morgen des 5. ging sie mit ebenso traurigem Lichte auf. Nach und nach bezog sich der Himmel mit unbestimmt hin und her treibenden Wolken, bald war er bedeckt, bald wieder heiter, endlich bahnte ein dichter schnell vorübergehender Nebel einem feinen Regen den Weg, aber bald zerstreuten entgegengesetzt wehende Winde auch Nebel und Regen wieder. Um Mittag zog sich ein trüber Nebelschleier allmälig mit langsamer Bewegung durch die Atmosphäre, eine trügerische Windstille,

wie sie oft heftigen Gewittern voraus zu gehen pflegt, machte die Wolken in ihrem Zuge stille stehen, und kein Windhauch war zu spüren. Das Geflügel und die vierfüßigen Thiere hatten keine Ruhe, sie irrten unsicher hin und her und schienen innerlich bewegt und bestürzt. Nun erfolgte ein dumpfes, undeutliches Murmeln in der Luft und unversehens erhob sich ein Wind mit Pfeifen und sonderbarem dumpfem Geräusch; da fing die Erde an mit leichten wellenförmigen Bewegungen zu beben, kurz darauf erfolgte, bald nach Mittag, der erste heftige Stoß, der augenblicklich die fürchterlichste Zerstörung anrichtete. Ihm folgten viele andere und besonders in der Nacht vom 6. zum 7. noch sehr heftige und verwüstende Stöße, ja die Erde blieb in fast immerwährender Bewegung im Laufe mehrerer Monate.

Im Umkreise von etwa 5½ Meilen rings um Oppido war durch diese Stöße von Grund aus Alles zerstört. Dörfer, Städte und Berge waren so umgestürzt und durch einander geschoben, daß von dem früheren Zustande kaum eine Erinnerung mehr übrig blieb. Schrecklich zwar, doch bei weitem nicht so furchtbar waren die Zerstörungen, welche sich von hier aus bis an die Grenze des ganzen Landstriches ausdehnten, an dessen Rande namentlich das so hart mitgenommene Messina liegt. Noch weiter endlich, in einem Umkreise von etwa 18 Meilen Halbmesser, waren die Wirkungen des Erdbebens immer noch sehr auffallend und man empfand sie z. B. auf den Liparischen Inseln sehr deutlich als von Oppido herkommend. Auch von Messina wissen wir, daß die Erschütterungen sich sichtbarlich von Calabrien durch die Nordostspitze Siciliens aus von dort längs der Küste bis zur Stadt hin fortpflanzten. Als man dort das gewöhnlich mit Erdbeben verbundene, rasselnde Geräusch vernahm, sah man Calabrien in Staub gehüllt, und die Häuser an der Küste Siciliens stürzten deutlich nach einander ein, bis die Schwankungen auch die prächtige Reihe von Palästen erreichten, welche die Einfassung des Hafens von Messina bilden.

Dolomieu hat mit sehr eindringlichen Worten die Verwüstungen geschildert, welche sich sowohl im Centrum von Calabrien, als an dem Rande dieser Erdbebensphäre darboten. „Ich hatte Messina und Reggio gesehen, so sagt er, und ihr Schick-

sal hatte mich tief betrübt. Ich hatte kein Haus mehr finden können, welches noch bewohnbar gewesen wäre und nicht von den Fundamenten aus neu hätte wieder hergestellt werden müssen; aber am Ende existirt doch noch, so zu sagen, das Skelett dieser beiden Städte, der größte Theil ihrer Mauern steht noch aufrecht, und man sieht noch, daß beide Städte einst da waren. Messina zeigt selbst noch, aus einiger Entfernung betrachtet, ein unvollkommenes Bild seines alten Glanzes. Ein Jeder kann dort noch sein Haus erkennen, oder doch den Ort, wo es gestanden hat. Ich sah Tropea und Nicotera, wo nur wenige Häuser von den ärgsten Beschädigungen frei blieben, während die andern alle zerstört sind, und meine Vorstellungen über das Unglück dieses Landes schienen mir vollständig. Als ich aber von einer Anhöhe auf die Ruinen von Polistena herabsah, auf den ersten Ort, welchen ich im Innern der Piana (Ebene) erblickte, als ich dort die Steinhaufen betrachtete, welche keine Gestalt mehr besitzen, und keine Idee mehr von dem vormaligen Zustande dieses Ortes errathen lassen; als ich sah, daß kein Haus der Zerstörung entgangen und Alles dem Boden gleich gemacht war — da ergriff mich eine Empfindung von Grauen, von Mitleiden und Schaudern, welche für einige Augenblicke alle meine Kräfte lähmte."

Es ist bemerkenswerth, daß die Wirkungen dieses Erdbebens sich fast nur auf der Westseite der das südliche Calabrien durchziehenden granitischen Bergreihe geltend gemacht haben. Im nördlichen Theile dieses Landstrichs giebt die Hauptkette, rechtwinklig auf ihre Ausdehnung, einen Seitenzweig ab, welcher zwischen den Meerbusen von Gioja und Eufemia gegen Cap Vaticano fortsetzt, und dadurch mit dem Hauptgebirgszug ein Hufeisen bildet, das wie ein weit geöffnetes Amphitheater sich zum Meere absenkt. Das Land im Innern dieses Raumes, welches der eigentliche Schauplatz des Erdbebens war, neigt sich in einer sanften Ebene (la Piana genannt) zum Meere. Es besteht aus einem mannichfaltigen Wechsel lockerer Schichten von plastischem Thone, von grobem Sandstein und Geröllmassen, in denen allen sich die aus den Bergen herabkommenden Bäche tiefe und zahlreiche Schluchten eingerissen haben, die oft mehrere hundert Fuß Tiefe erreichen.

So lange unbedeutende Bewegungen die Gegend nur berührt hatten, machte ein Unterschied in den Wirkungen auf das verschiedene Terrain sich gar nicht geltend, als aber heftige Stöße das ganze Gebirge erschütterten, wurde auch der Unterschied in der Beschaffenheit des Bodens sichtbar. Die Berge selbst wurden nicht weniger als die Ebene erschüttert, ja es kamen Fälle vor, wo der Boden in kurzen Stößen so mächtig bewegt wurde, daß die Berge auf und nieder zu hüpfen schienen, und man berichtet, daß einzelne Menschen und vereinzelt stehende Häuser plötzlich in die Höhe geschnellt und ohne Schaden, selbst an etwas höher gelegenen Punkten, wieder niedergesetzt wurden. Aber im Allgemeinen litten die Bergstädte weniger, weil sich die Kraft der Stöße regelmäßiger im Gestein verbreitete, und so geschah es, daß nur schlankere Gebäude, besonders die Glockenthürme der Kirchen, umgestürzt wurden. In der Ebene dagegen war die Verwüstung grenzenlos. An einigen Stellen bildeten die zusammengedrängten Erdmassen neue Hügel und Berge, an andern rissen sich große Massen von den vorhandenen los und bedeckten die Umgegend, die alten Thäler schlossen sich, die Flüsse bahnten sich neue Wege und von Allem, was Menschenhände gebaut hatten, blieb kein Stein auf dem andern.

Die Hauptwirkung des Erdbebens auf diese Gegenden war die, daß auf der ganzen Länge der Kette der am Fuße des Gebirges auf dem Granit aufliegende Boden an dem festen und steilen Kern herabglitt, und ein etwas niedrigeres Niveau einnahm. Dadurch entstand von St. Lorenzo bis über Sta. Christina hinaus, d. h. auf eine Strecke von 2 Meilen, ein Schlund zwischen der inneren granitischen Gebirgsmasse und zwischen dem mehr lockeren Boden. Manche auf diese Weise abgerutschten Landstriche wurden bis auf eine Miglia (2000 Schritt) weit von ihrer früheren Stelle weggeführt und bedeckten andere gänzlich, so daß Streitigkeiten über den Besitz des bedeckten und bedeckenden Landes entstanden. Was die Veränderungen des relativen Niveau's anbetrifft, so sagt keiner der vorhandenen Berichte, daß sie sehr wesentlich gewesen wären, allein es muß stets beachtet werden, daß es schwer wahrzunehmen ist, ob das allgemeine Niveau eine Aenderung erlitten

habe oder nicht, wenn nicht die Meeresküste an der hauptsächlichsten Bewegung Theil genommen hat. Offenbar lassen sich nur in Meereshäfen genauere Angaben von geringen Niveauveränderungen machen, und wenn wir sie an solchen Punkten finden, so dürfen wir wohl annehmen, daß sie an anderen Punkten auch vorkommen werden. Von Messina berichtet man, daß seine Küste vielfach zerrissen worden sei, und daß der vor dem Erdbeben ganz ebene Boden längs des Hafens, nach demselben zum Meere hin geneigt gewesen sei. Das Meer selbst soll in der Nähe der Banchina tiefer geworden sein, sowie sein Grund sich außerdem an andern Stellen noch verändert habe. Der ganze Quai der Stadt sank ungefähr bis 14 Zoll unter den Meeresspiegel nieder und die Häuser in seiner Nähe wurden sehr stark zerstört.

Unter verschiedenen Beweisen von Zerreißungen, von Hebungen und Senkungen im Innern des Landes, erwähnen die neapolitanischen Akademiker in ihren Berichten auch, daß der Boden zu beiden Seiten der entstandenen Spalten zuweilen in gleichem Niveau geblieben war, zuweilen aber auch bedeutende Veränderungen, theils durch Emporhebung und theils durch Senkung erlitten hatte. So haben zu beiden Seiten der langen Spalten im Territorium von Soriano die geschichteten Ge-

Fig. 8.

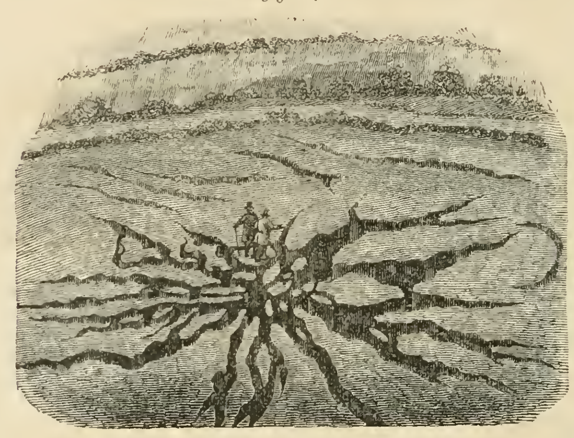


steinsmassen ihre gegenseitige Lage um 8 bis 14 Palmen (6 bis 10 Fuß) verändert. In der Stadt Terranuova war ein großer runder Thurm, aus festem Mauerwerk bestehend, welcher der allgemeinen Zerstörung widerstanden hatte, durch eine senkrechte Spalte getheilt und an einer Seite derselben, mit sammt den Fundamenten, emporgehoben worden. Längs der Spaltungslinie stießen die Wände aber dicht an einander und das einzige Zeichen der unterbrochenen Verbindung war der Mangel an Correspondenz in den verschiedenen Steinschichten zu beiden Seiten dieser Spalte. Es scheint auch, daß das Zusammentreffen wellenartiger und wirbelnder Bewegungen zuweilen sehr sonderbare Wirkungen hervorgebracht hat. So waren in einigen Straßen von Monteleone alle Häuser bis auf eins, in andern alle bis auf zwei nach und nach umgestürzt und dabei waren die stehen gebliebenen Gebäude oft nicht im Geringsten beschädigt.

Völlig klar scheint es zu sein, daß ein großer Theil von den Zerreißungen des Bodens nur die Wirkung einer heftigen Bewegung von unten aufwärts war; denn aus einer Menge von Fällen, in denen sich die Spalten und Schlünde abwechselnd öffneten und wieder schlossen, scheint hervorzugehen, daß die Erde erst emporgehoben und dann wiederum gesenkt wurde. Wir dürfen annehmen, daß die ganze Wirkung in einem kleinen Maaßstabe hervorgebracht werden könnte, wenn durch irgend eine mechanische Kraft ein aus breiten Steinplatten bestehendes Straßenpflaster emporgehoben würde, dann plötzlich niederfiele und seine vorige Lage wieder erlangte. Wenn nun zufällig kleine Steinchen an der Verbindungslinie zweier Platten lägen, so würden sie bei dem Emporheben des Pflasters nothwendig in die Spalte fallen und verschlungen werden, so daß, nach dem Zurückfallen der großen Platten, gar keine Spur von ihnen mehr zu finden wäre. Wurde nun auf eine solche Weise ein Theil des Erdbodens emporgehoben, so konnten in einem Augenblicke große Häuser, Bäume, Thürme und Menschen von Schlünden und Spalten verschlungen werden; und wenn der Boden wieder niedersank, so konnte sich die Erde völlig wieder schließen, so daß nicht eine Spur von jenen Gegenständen an der Oberfläche mehr zu finden war.

Zu Jerocarne, einer Gegend, die nach dem akademischen Berichte auf eine furchtbare Weise zerrissen worden war, liefen die Erdrisse nach allen Seiten hin, gleich wie bei einer Glasscheibe, welche von einem Punkte aus langsam gesprengt ist. Da nun ein großer Theil dieser Spalten nach den Stößen offen

Fig. 9.

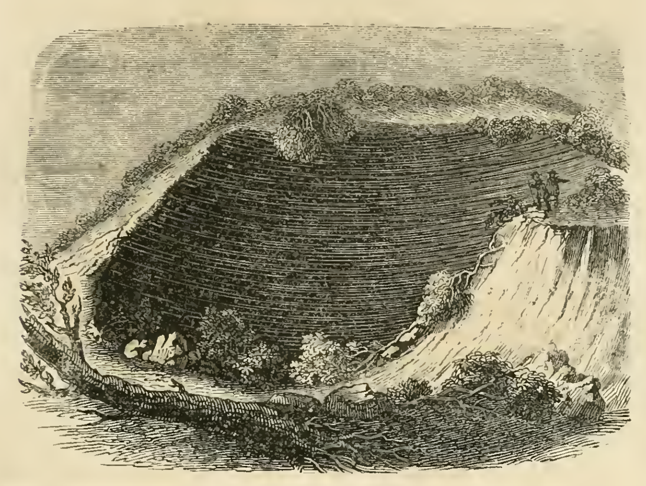


blieb, so ist es sehr möglich, daß diese Gegend für beständig in die Höhe gehoben worden ist. Dolomieu bemerkt, daß die neugebildeten Spalten, durch ganz Calabrien, gewöhnlich früheren Bildungen derselben Art in ihrer Nachbarschaft parallel liefen.

In der Nachbarschaft von Oppido, dem Mittelpunkte, von welchem aus das Erdbeben seine heftigsten Bewegungen verbreitete, wurden manche Häuser von der gähnenden Erde verschlungen, die sich alsbald wiederum über ihnen schloß. Auch in dem benachbarten Bezirke von Cannamaria wurden vier Pachthöfe, einige Oel-Magazine und mehrere große Wohnhäuser so ganz und gar von einem Schlunde verschlungen, daß später keine Spur von ihnen sichtbar war. Dieselbe Erscheinung zeigte sich zu Terranuova, Sta. Christina und Sinopoli. Die Akademiker bestätigen es ganz besonders, daß, wenn sich in den thonigen Schichten von Terranuova tiefe Abgründe geöffnet und Häuser in dieselben versunken waren, die Wände der Schlünde sich mit solcher Heftigkeit wieder schlossen, daß man bei Aufgrabungen nach der Katastrophe, um zum Besitze

von Kostbarkeiten wieder zu gelangen, den Inhalt und die Theile dieser so zusammengequetscht fand, daß sie eine einzige feste Masse bildeten. An dem Abhange eines Hügels bei Oppido öffnete sich ein großer Abgrund und obgleich eine große Masse von Erde, sowie Bäume und ein Theil von einem Weingarten in ihn hineingestürzt war, so blieb doch nach dem

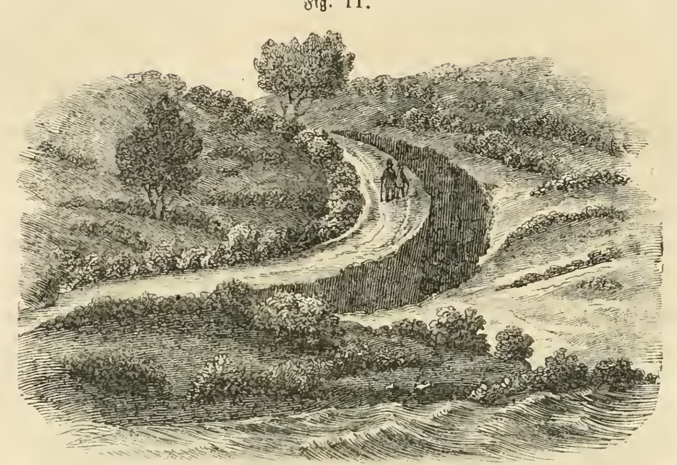
Fig. 10.



Erdstoß noch ein Schlund in der Gestalt eines Amphitheaters von mindestens 500 Fuß Länge bei 200 Fuß Tiefe zurück.

Manche bei dem ersten Stoße am 5. Februar entstandenen Spalten und Schlünde wurden durch die heftigen Erschütterungen am 28. März noch sehr erweitert, verlängert und vertieft. In dem Bezirke von Plaisano bildeten sich zwei Spalten, deren eine ungefähr 5000 Fuß lang, 105 Fuß breit und 50 Fuß tief war, während die andere bei 3800 Fuß in der Länge, 150 Fuß in Breite und 100 Fuß in Tiefe hatte. In dem Bezirke von Topolano öffneten sich mehrere Schlünde, an einer andern Stelle wurde ein kleines Jcherio genanntes Kalkgebirge auf mehr als 2000 Fuß durch eine Spalte von ungleicher Breite in zwei Theile gerissen und an der einen Seite eines Weges über den Hügel von St. Angelo unweit Soriano bildete sich eine halbmondförmige Spalte, welche die nachfolgende Zeichnung darstellt.

Fig. 11.



Nicht selten entstanden neue Seen. So wurde in der Nähe von Seminara durch Oeffnung eines großen Schlundes, durch dessen Boden Wasser in die Höhe stieg, plötzlich ein See gebildet, welcher Lago del Tolfilo genannt ward. Er war gegen 2000 Fuß lang, fast 1000 Fuß breit und bis 52 Fuß tief. Die Bewohner der Gegend, das Miasma des stagnirenden Wassers fürchtend, versuchten es mit großen Kosten ihn durch Kanäle abzuleiten, allein dies hatte keinen Erfolg, da er durch Quellen gespeist wurde, die aus dem Boden jener Spalte hervorkamen. Auch in der Nähe von Terranuova wurde ein neuer See gebildet, indem zwei große Landschlipfe den Flußlauf sperrten. Der neapolitanische Bericht sagt hierüber: „Zwei Berge von den entgegengesetzten Thalgehängen wanderten von ihrer ursprünglichen Stelle abwärts, bis daß sie sich in der Mitte einer Ebene trafen, und indem sie sich dort vereinigten, schnitten sie den Lauf des Wassers ab."

Mitunter wurde auch der Boden aufgeweicht, wie das bei Sta. Lucida geschah, so daß große Schlammströme alles niedriger liegende Land wie mit Lava bedeckten. An manchen Punkten sahen nur die Spitzen der Bäume und der Häuser aus dem Schlamm hervor. Unweit Laureana wurde der morastige Boden zweier Schluchten mit einer kalkigen Materie ausgefüllt, die mit dem ersten heftigen Erdstoß aus dem Boden hervorkam.

Dieser sich rasch anhängende Schlamm begann, gleich einem Lavastrom, im Thale sich abwärts zu bewegen, wobei sich dann die aus den beiden Schluchten kommenden Ströme auch vereinigten und mit gesteigerter Gewalt sich weiter drängten. Der vereinte Strom hatte eine Breite von 125 Fuß, bei einer Dicke von 15 Fuß und der Länge einer Miglia. Er hatte auf seinem Wege eine Heerde Ziegen fortgerissen und viele Maulbeer- und Olivenbäume entwurzelt, die nun gleich Schiffen auf der Oberfläche schwammen. Als diese kalkartige Lava zu fließen aufgehört hatte, wurde sie nach und nach hart und trocken, und zog sich auf die Hälfte ihrer früheren Mächtigkeit zusammen.

In dem Berichte der Akademie wird angeführt, daß einige Ebenen kreisförmige Vertiefungen enthielten, die theils mit Wasser, theils mit Sand ausgefüllt waren. Wenn sie fast bis zu dem Rand mit Wasser ausgefüllt erschienen, so hatten sie das Ansehen kleiner Quellen; meist waren sie jedoch mit trocknem Sand erfüllt, der oft eine concave, zuweilen aber auch eine convexe Oberfläche hatte. Wenn man niedergrub, fand man die Löcher trichterförmig sich verengend und feuchter loser Sand in ihrer Mitte bezeichnete die Röhre, durch die das Wasser hervorgetreten war.

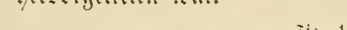
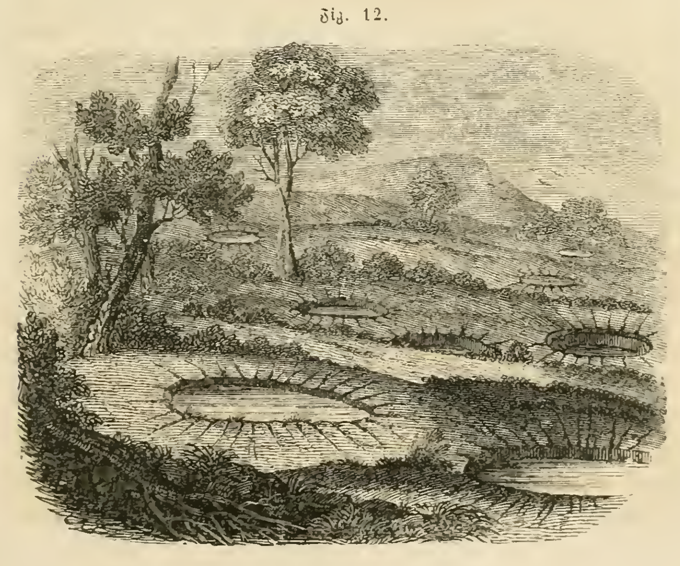


Fig. 12.



Längs der Meeresküste, an der Straße von Messina, in der Nähe des berühmten Scilla-Felsens, begrub der Einsturz ungeheurer, sich von dem Gestade ablösender Klippen manches Landhaus und manchen Garten. Zu Gian Greco stürzte eine ununterbrochene Linie von Gestade-Klippen, fast eine halbe Stunde lang, herab. Während der Stöße nahm man häufig eine heftige Bewegung des Meeres wahr, auch fing man Fische an der Oberfläche, die für gewöhnlich in dem Sand des Meeresgrundes leben.

Der Fürst von Scilla hatte einem großen Theile seiner Unterthanen den Rath gegeben nicht am Lande zu bleiben, sondern sich zu größerer Sicherheit in ihre Fischerböte zu begeben, wie er auch selbst zu Schiffe ging. Da geschah es, daß in der Nacht des 5. Februar, als ein Theil dieser Menschen in den Booten war, ein anderer nicht weit vom Ufer schlummernd lag, ein neuer Erdstoß kam. Von einem nahen Berge löste sich eine gewaltige Felsmasse ab und stürzte sich mit furchtbarem Getöse theils auf den Uferrand, theils in das Meer. Das Wasser wich zurück, kehrte aber unmittelbar darauf mit um so größerer Gewalt zurück, das Ufer 20 Fuß hoch überfluthend. Die Schläfer wurden in das Meer gespült, die Boote sanken oder strandeten. Der alte Fürst und 1400 seiner Unterthanen kamen hier ums Leben.

Die Anzahl der durch dieses Erdbeben in ganz Calabrien und auf Sicilien getödteten Personen wird von Hamilton auf 40,000 ungefähr geschätzt, und etwa 20,000 starben später in Folge von ansteckenden Krankheiten, welche durch unzulängliche Nahrungsmittel, dadurch, daß die Menschen sich vor der Witterung nicht schützen konnten, sowie aus der Malaria entstanden, die eine Folge der neuen stehenden Gewässer und der Sümpfe war. Bei weitem die meisten der Verunglückten wurden unter den Trümmern ihrer Häuser begraben. Einige fanden ihren Tod in den Feuersbrünsten, die fast überall den Erdstößen folgten und ungeheure Magazine von Oel und andern Vorräthen verzehrten. Eine kleine Zahl von Menschen wurde in Schlünden und Spalten begraben und ihre Ueberreste sind vielleicht noch in Tiefen bis zu mehreren Hundert Fußen eingeschlossen.

Man nimmt an, daß ein Viertel von den Bewohnern von Polistena und von einigen andern Städten lebendig sind begraben worden, und daß sie hätten gerettet werden können, wenn es nicht an helfenden Händen gefehlt hätte. Allein bei einem so allgemeinen Unglück war Jeder mit seinem eigenen Leiden und dem der Seinigen beschäftigt und an gegenseitige Hülfeleistung war daher gar nicht zu denken. Weder Thränen, noch Bitten, noch hohe Versprechungen halfen. Manche schöne Beispiele der Selbstverläugnung, der elterlichen und ehelichen Liebe, oder der Dankbarkeit von treuen Dienern werden wohl erwähnt, allein die Anstrengungen Einzelner vermogten in der Regel nichts zu leisten. Nicht selten war der Fall, daß Personen beim Suchen ihrer Theuersten deren Wehklagen hören, ihre Stimme unterscheiden konnten, genau wußten, wo sie unter ihren Füßen begraben waren — und ihnen dennoch keine Hülfe bringen konnten. Die aufgehäuften Massen widerstanden ihrer Kraft und alle ihre Anstrengungen waren eitel.

Man sollte denken, daß ein solches allgemeines Unglück hinreichend wäre, Gefühle von Menschlichkeit und Mitleid auch in der wildesten Brust zu erregen, dennoch zeigten die Landleute Calabriens, neben einigen muthvollen Thaten, leider eine schreckliche Roheit. Sie verließen ihre Hütten, streiften hordenweis in den Städten umher, nicht um zu retten, sondern um zu plündern. Furchtlos durchgingen sie Straßen, zwischen wankenden Mauern und durch Staubwolken hindurch, traten die Körper der Verwundeten und Halbbegrabenen mit Füßen und beraubten die oft noch Lebenden ihrer Kleidungsstücke.

Eine bloße Angabe der Zahl verlorner Menschenleben giebt uns noch keinen richtigen Begriff von der Ausdehnung des dadurch herbeigeführten Elends. Wir müssen durch die Erzählungen von Augenzeugen erst erfahren, in wie viel verschiedenen Gestalten hier der Tod erscheint, wie viel Menschen ihre Glieder verlieren, oder andere schwere Beschädigungen davon tragen, wie viele an den Bettelstab gelangen. Man hat oft die Bemerkung gemacht, daß die Furcht vor den Erdbeben bei denen am größten zu sein pflegt, welche sie am häufigsten erlebten. Bei jeder anderen Gefahr mindert Bekanntschaft in der Regel auch die Furcht, hier aber nicht, denn nichts von diesem Miß=

geschicke liegt in der Einbildung. Die ersten Stöße sind oft die gefährlichsten, sie kommen in der Nacht, sowie bei Tage, ohne vorher ihr Nahen auf irgend eine Weise anzudeuten, so daß man sich vor ihnen hüten könnte. Und hat die Katastrophe erst begonnen, dann kann weder Erfahrung, noch Muth, noch Geistesgegenwart den Weg zur Rettung zeigen.

Wo Erdbeben häufig sind, da kann, selbst unter der besten Regierung, keine vollkommene Sicherheit des Eigenthums Statt finden. Der Gewerbfleiß ist nicht sicher, die Früchte seiner Arbeit reifen zu sehen, und die gröbste Gewaltthätigkeit muß zu Zeiten unbestraft bleiben, weil der Arm der Gerechtigkeit durch eine allgemeine Verwirrung gelähmt ist. Kaum ist es nöthig noch hinzu zu fügen, daß die Fortschritte der Civilisation und der Nationalwohlfahrt durch Erschütterungen aufgehalten werden müssen, welche Städte dem Boden gleich machen, Häfen zerstören, Straßen unwegsam machen und die fruchtbarsten Thalebenen in Seen verwandeln oder mit den Trümmern der angrenzenden Berge bedecken.

Obgleich bei diesen fürchterlichen Heimsuchungen oft das religiöse Gefühl geweckt wird, so finden wir doch sehr gewöhnlich, daß eine große ungewisse Furcht, das Bewußtsein der Hülflosigkeit und der Glaube an die Nichtigkeit menschlicher Anstrengungen den Sinn des großen Haufens nur für den Einfluß eines demoralisirenden Aberglaubens zugänglich macht.

Bei alle dem ist doch die allgemeine Thätigkeit der unterirdischen Bewegungen, wenn wir ihre Wirkung durch eine Reihe von Jahrhunderten betrachten, sehr wohlthätig, und bildet einen wesentlichen Theil des Mechanismus, durch den das Ganze der bewohnten Oberfläche uns erhalten und das Bestehen und die Fortdauer des festen Landes uns gesichert wird. Warum die Wirksamkeit desselben Mechanismus von so großem Uebel muß begleitet sein, ist ein Geheimniß, welches weit über unsere Einsichten hinausreicht, und wird es auch so lange bleiben, bis wir nicht bloß unseren Planeten und dessen Bewohner, sondern auch noch andere Theile des moralischen und materiellen Universums werden zu erforschen vermögen.

Dreizehnter Brief.

Das Erdbeben von Lissabon vom Jahre 1755.

Wenn Sie in dem vorhergehenden Briefe die Beschreibung eines Erdbebens gefunden haben, über dessen Wirkungen wir bis in's Einzelne wohl unterrichtet sind, so werde ich in dem jetzt Folgenden Ihnen die Geschichte einer Erderschütterung vorführen, über deren Verbreitung wir ganz besonders gut unterrichtet sind. Das Erdbeben, welches Lissabon im J. 1755 zerstörte, erregte durch die Großartigkeit seiner Erscheinungen, durch das namenlose Unheil, welches es über die Hauptstadt eines Landes verbreitete, das damals eine viel größere Bedeutung in der Weltgeschichte hatte, als heut zu Tage, in der ganzen gebildeten Welt eine so allgemeine Theilnahme, daß überall mit Sorgfalt darnach geforscht wurde, ob und welche correspondirenden Beobachtungen auch für sehr weit entfernte Punkte aufzufinden wären. Dadurch und durch die in der nächsten Zeit bereits erschienenen Beschreibungen, wie z. B. „Geschichte und Naturbeschreibung der merkwürdigsten Vorfälle des Erdbebens, welches an dem Ende des 1755sten Jahres einen großen Theil der Erde erschüttert hat, von M. Immanuel Kant, Königsberg 1756," wurde die Aufmerksamkeit des großen Publikums erregt und wach erhalten, so daß wir einen Schatz von Angaben besitzen, von dem ich hier das Wichtigste in einer kurzen Darstellung zusammenfassen will.

Es darf nicht unbemerkt bleiben, daß während der letzten, dem Erdbeben von Lissabon vorangegangenen Jahre, von 1749 an, sich auffallend viele und weit verbreitete Erderschütterungen gezeigt hatten. Landstriche, in welchen diese Erscheinung eine sehr selten vorkommende ist, wurden davon ergriffen. Von Skandinavien an, durch die britischen Inseln, Frankreich, durch Theile von Deutschland und Italien, und namentlich über die ganze große, den Erdbeben und vulkanischen Erscheinungen so vorzüglich unterworfene Linie, die sich von Asien und gegen Westen längs des Mittelländischen Meeres hinzieht, erfolgten während dieses Zeitraumes bald da, bald dort mehr oder weni-

ger starke Erschütterungen des Bodens. Dabei traten nur zwei, gar nicht bedeutende Ausbrüche beim Vesuv und nur ein, gleichfalls schwacher bei dem Aetna ein. Nur an einem sehr entfernten Punkte, auf Island, machte sich gegen Ende dieses Zeitraums die unterirdische Bewegung etwas Luft. Eine so große und so weit verbreitete Thätigkeit im Innern der Erde scheint vorher, wenigstens im Laufe mehrerer Jahrhunderte, nicht wahrgenommen worden zu sein. Auch ist eine solche, von jener Zeit bis auf die unserige, nicht wieder wahrgenommen worden; denn selbst das Erdbeben vom Jahre 1783, obgleich von größter Heftigkeit und von ansehnlicher Verbreitung, läßt sich doch dieser letzteren nicht an die Seite stellen.

Am 1. November 1755 erfolgte die große Entladung. Lassen wir einen Augenzeugen reden, den Kaufmann Braddock, welcher am 13. November jenes Jahres den nachfolgenden Brief an einen Freund in England richtete: „. . . Keinen schöneren Morgen konnte man gesehen haben, als den des 1. November. Die Sonne schien in vollem Glanze, der Himmel war vollkommen heiter und klar, kein warnendes Zeichen verkündete nahes Unglück. Ich saß in meinem Zimmer, zwischen 9 und 10 Uhr Morgens, und schrieb an einem Briefe, als die Papiere und der Schreibtisch in eine sanft zitternde Bewegung geriethen, ohne daß irgend ein Luftzug zu bemerken war. Ich wußte nicht was ich daraus machen sollte, und als bald das ganze Haus vom Gipfel bis zum Grunde erschüttert wurde, glaubte ich einen Augenblick, das käme vom Rasseln mehrerer Wagen, die, wie gewöhnlich, durch die Straßen rollten von Belem nach dem Palaste. Aufmerksam horchend wurde ich bald enttäuscht, und bemerkte, daß die Ursache eine sonderbar fürchterliche Art von Getöse unter der Erde war, das dem hohlen Rollen fernen Donners glich. Das Alles dauerte keine Minute, und ich dachte an Erdbeben, wie ich ein, obgleich unschädliches, auf Madeira erlebt hatte. Meine Feder wegwerfend und aufspringend, war ich einen Augenblick ungewiß, was zu thun; ich glaubte es sei vorüber, da schreckte mich ein fürchterliches Krachen auf, so stark, als stürzten alle Gebäude der Stadt auf einmal zusammen, auch stürzten sogleich die oberen Stockwerke des Hauses ein und die unteren wurden zerrissen."

Der Schreiber erzählt hierauf, wie er das Haus verlassen habe und über die Trümmer der vielen eingestürzten Häuser, zum Theil auf Händen und Füßen kriechend, erst bis zum Platze der eingestürzten St. Pauls-Kirche und dann, nach kurzem Verweilen, von da bis zum Ufer des Tajo gelangt sei. Als er sich dort befand (also geraume Zeit nach dem ersten Stoße) kam der zweite Stoß, etwas weniger heftig, als der erste, doch so stark, daß er die Zerstörung vollendete. Man hörte das Einstürzen der Sta. Catharinen-Kirche, die auf einer Anhöhe lag.

„Auf einmal," fährt er fort, „ertönte das Geschrei: „„das Meer kommt!"" Es entstand auf dem Wasser ohne Wind ein Heben und Schwellen, und sogleich kam eine ungeheuere Wassermasse, wie ein Berg, schäumend und brausend daher, warf sich hoch über das Ufer hin und rauschte fast in demselben Augenblicke pfeilschnell zurück. Die Schiffe tanzten und wurden hin und her geworfen, wie im heftigsten Sturme, mehrere wurden von den Ankern gerissen und einige auf die andere Seite des dort vier englische Meilen breiten Tajo geworfen."

„In diesem Augenblick geschah es, daß der schöne neue Quai, ganz von Marmorblöcken mit ungeheuern Kosten erbaut, mit allem darauf befindlichen Volke, welches dort Sicherheit zu finden geglaubt hatte, gänzlich verschlungen wurde, zugleich mit einer Menge daran liegender Boote und kleiner Schiffe, von denen nie wieder etwas zum Vorschein kam. Dieses letztere furchtbare Ereigniß habe ich," sagt er, „nicht mit eigenen Augen angesehen, da ich mich drei bis vier Steinwürfe von dem Schauplatze entfernt befand; aber es ist mir von einigen Schiffsmeistern berichtet worden, die 2 bis 300 Yards vom Quai vor Anker lagen und die ganze Katastrophe mit angesehen hatten. Einer derselben insbesondere sagte aus: daß, als der zweite Stoß erfolgte, er sah, wie die ganze Stadt hin und her wogte, gleich dem Meere, wenn der Wind eben anfängt sich zu erheben; daß die Bewegung selbst unter dem Flusse so stark war, daß sie seinen großen Anker emporwarf, der gleichsam auf dem Wasser schwamm; daß unmittelbar nach diesem außerordentlichen Erdstoße das Wasser im Flusse auf einmal gegen 20 Fuß stieg und sogleich wieder fiel, in welchem Augenblicke er den

Quai mit der ganzen Menschenmenge auf demselben in die Tiefe sinken sah; und daß zugleich alle Boote und Schiffe, die neben demselben lagen, mit in den Schlund gezogen wurden, welcher sich über ihnen augenblicklich geschlossen haben muß, da niemals, auch nur von Trümmern derselben, etwas wieder gesehen worden ist."

„Diesem Berichte können Sie vollkommenen Glauben beimessen; denn, was den Verlust der Schiffe betrifft, so wird er von Jedermann bestätigt; und in Betreff des Quai, so ging ich wenige Tage nach dem Vorfalle hin, um mich von der Wahrheit der Erzählung zu überzeugen; da konnte ich nicht einmal Spuren des Platzes finden, wo ich so manchen angenehmen Spaziergang gemacht hatte, da der Quai der gemeinschaftliche Sammelplatz der Factorei in kühlen Abendstunden war. Ich fand statt dessen überall tiefes Wasser und an einigen Punkten fast unergründlich. Das ist übrigens der einzige Punkt in Lissabon, wo ein Verschlingen der Erde oder Einsinken in die Tiefe wahrgenommen worden ist. Spalten sind mehrere entstanden, auch auf der anderen Seite des Tajo, wo eine große Felsmasse in den Fluß gestürzt sein soll. Viele Spalten warfen weißen feinen Sand aus, gleich Springbrunnen."

Bei diesem Erdbeben sind zwei verschiedene Erscheinungen oder Wirkungen wahrgenommen worden: das eigentliche Erdbeben und eine, oder vielmehr mehrere darauf folgende Bewegungen des Meeres, deren jede sich als eine weit fortschreitende Welle darstellte. Das eigentliche Erdbeben, zu dem auch die in verschiedenen, zum Theil in sehr weit vom Hauptsitz der Entladung entfernten Landseen entstandene Bewegung zu rechnen ist, hat sich zwar auch sehr weit hin, aber doch nicht auf eine so große Entfernung geäußert, als die später erfolgte Meeres-Bewegung.

Der am weitesten gegen Westen belegene Punkt, von welchem bekannt ist, daß daselbst Erdstöße empfunden worden sind, ist die Insel Madeira; der östlichste, wo man die Wirkungen des Erdbebens, doch ohne Erschütterung des Bodens, wahrgenommen hat, ist Teplitz in Böhmen, der südlichste Mogador (Swearah) in Marokko und die nördlichste Gegend die einiger Landseen in Schottland und Norwegen. Der Punkt, von wel-

chem das Erdbeben ausging, lag wahrscheinlich unter dem Grunde des Atlantischen Oceans, nahe an der westlichen Küste von Portugal, oder wenn auch weiter südlich, doch in dem Meridiane derselben. Denn in der Richtung dieses Meridians hat es die heftigsten Wirkungen hervorgebracht, die gegen West und Ost von demselben mit der größeren Entfernung an Stärke abnahmen.

Von der dem Erdbeben vorangegangenen Beschaffenheit der Atmosphäre in den Küstengegenden Portugals wird Folgendes berichtet. Seit dem Jahre 1750 war weniger Regen als gewöhnlich, aber im Frühjahre 1755 desselben desto mehr gefallen. Der Sommer dieses Jahres war dabei ungewöhnlich kühl. Am 31. October wehte Nordwind. Um 4 Uhr Nachmittags kam ein Nebel vom Meere her und bedeckte die Thäler, eine Erscheinung, die zwar im Sommer dort für eine gewöhnliche gilt, in der damaligen Jahreszeit aber eine sehr seltene sein soll. Darauf erhob sich Ostwind und der Nebel wurde nach dem Meere zurückgetrieben, auf welches er sich sehr dick legte. Das Meer stieg dabei mit gewaltigem Brausen. Um die Mitternachtsstunde nach diesem Tage will man in Lissabon schon ein leichtes Beben empfunden haben.

Am 1. November erfolgte zu Lissabon u. s. w. der erste Erdstoß um 9 Uhr 40 Min. oder 9 Uhr 30 Min. So wird die Zeit von mehreren Orten der Küste angegeben. Die frühere von Oporto und Colares, die spätere von Lissabon. Die verschiedenen Zeitangaben beruhen wahrscheinlich auf Unrichtigkeit des Ganges der Uhren, denn wahrscheinlich empfanden alle diese Orte den Stoß fast in demselben Augenblicke, da selbst bei entfernteren Orten, wie Cadiz, Madrid u. s. w. die am Orte gemachte Zeitbeobachtung, wenn man sie nach dem Unterschiede der Länge von Lissabon auf dortige Zeit bringt, dieselbe Minute angeben, in welcher das Erdbeben an jenem Orte empfunden worden ist.

Vor dem ersten Stoße hörte man ein rollendes Getöse wie von Wagen, zunehmend bis zur Stärke des Kanonendonners. Die erste Erschütterung dauerte sechs Secunden, und durch diese wurden gleich die ersten und größten Gebäude in Lissabon zertrümmert. Ihr folgten sehr schnell ein zweiter und dritter

Stoß. Colares litt weniger als Lissabon, Oporto fast gar nicht, aber Faro, Setuval und Cascaez, alles kleinere Ortschaften an der Küste, litten gar sehr. Die Wände der Gebäude bewegten sich von Ost nach West, ein Zeichen, daß der Stoß in umgekehrter Richtung fortging.

Die merkwürdigste Erscheinung in jenen Gegenden ist bei diesem Erdbeben wohl das Versinken des Quais in Lissabon gewesen. Die Tiefe wurde nachher an der Stelle gegen 100 Faden (600 Fuß) gefunden. Es wurden aber auch Erhebungen des Bodens an einigen Orten wahrgenommen. Bei Colares konnten die Küstenschiffe zwischen dem Festlande und gewissen, wohlbekannten Klippen auch bei niedrigem Wasser durchfahren, jetzt kann man bei gleichem Wasserstande trockenen Fußes zu jenen Felsen gehen. In einem Sumpfe oder See, der im Winter eine beträchtliche Menge Wasser aufnahm, war der Boden so gehoben, daß man keine Spur mehr von einer Senkung sah, wo doch sonst eine Vertiefung von 4 bis 5 Fuß gewesen war. Jetzt ist dort Alles mit dem umliegenden Boden in gleicher Höhe. An anderen Punkten sieht man an der veränderten Stauung des Flusses, daß einige Stellen des Grundes höher, andere tiefer geworden sind.

Folgen wir nun in Rücksicht auf die Verbreitung dieses Erdbebens zunächst der Meridianlinie von Lissabon gegen Süden, so finden wir auf derselben oder doch nur wenig seitwärts von ihr entfernt, die heftigsten Wirkungen der mit Lissabon ganz gleichzeitig empfundenen Erdstöße. Der südwestliche Theil von Marokko liegt in derselben Länge wie Portugal und ist auch auf das Heftigste erschüttert worden. In Tanger stürzte ein Vorgebirge in's Meer und heftige Stöße zerstörten einen Theil des Ortes; in Fez waren dieselben Erscheinungen; in Marokko wurden Gebäude zerstört und unweit von der Stadt öffnete sich die Erde und verschlang ein Dorf. Das merkwürdigste Ereigniß traf aber die Gegend von Mogador. Vor dem Hafen der Stadt lag eine Reihe von Klippen unter dem Wasserspiegel, welche nur kleineren Schiffen den Eingang in diesen Hafen verstattete. Während der Erdstöße vom 1. November versank diese Felsenreihe plötzlich so tief, daß seitdem die Rhede eine Tiefe von 20 Faden (120 Fuß) hat und daher

die größten Kriegsschiffe aufnehmen kann. Ein Bergzug, Djebel-Sarjon, soll so große Zerstörungen erlitten haben, daß ein großer Hügel völlig gespalten wurde und die beiden einstürzenden Hälften jede einen Ort mit seinen Einwohnern begrub.

Westlich von Lissabon ist ein eigentlicher Erdstoß nur zu Funchal auf Madeira wahrgenommen werden. Es erfolgte der Stoß um 9 Uhr 30 Minuten dortiger Zeit. Zuerst hörte man ein rollendes Getöse, dann folgte eine schnelle schwingende Bewegung des Bodens, die eine Minute lang bald stärker, bald schwächer dauerte. Das Getöse währte fort in dieser Zeit und erstarb während derselben langsam, wie ferner Donner. Der Tag war schön und die Luft still.

In Spanien sind wohl, ebenso wie im eigentlichen Portugal, die Nachrichten nicht gesammelt worden, denn wir besitzen deren nur aus einzelnen Gegenden, besonders aus Andalusien und Granada. Aus diesen Königreichen, von der portugiesischen Grenze an, über die Mündung des Guadalquivir fort, über Cadiz, Gibraltar und Malaga, Sevilla und Granada sind Nachrichten vorhanden, weniger aus anderen Landestheilen. In Madrid, wo einige Tage vor dem Erdbeben das Wasser in den Brunnen soll gefallen und trübe geworden sein, empfand man den ersten Stoß um 10 Uhr 5 Min. dortiger Zeit. Es folgten ihm mehrere, welche Gebäude erschütterten und zwei eiserne Kreuze umwarfen. Die Bewegungen dauerten länger als 5 Minuten und schienen von Süd nach Nord gerichtet. Sie wurden auf mehr als 20 Meilen in der Runde wahrgenommen. Bald nach den Stößen stieg das Wasser in den Brunnen wieder. Aus Gallizien, das sicherlich allgemein erschüttert worden ist, wird nur von Corunna gemeldet, daß die Stöße dort 5 Minuten dauerten.

Aus Frankreich sind nur aus den südlichen und westlichen Gegenden Angaben vorhanden. In Paris scheint es nicht bemerkt worden zu sein. Zu Bordeaux fühlte man eine schwache Erschütterung und bemerkte eine ungewöhnliche Bewegung der Garonne, zu Angoulème, wo man auch unterirdisches Getöse hörte, entstand ein großer Erdspalt, im Languedoc, in der Provence und in Savoyen wurde eine Erschütterung bemerkt.

zu Aix in Savoyen wurde eine der warmen Quellen, die Schwefelquelle, wenige Minuten nach dem Zeitpunkte des Erdbebens getrübt und führte so vielen Sand mit sich, daß sie einen Bodensatz davon machte. Eine andere, die Alaunquelle, litt dabei nicht die mindeste Veränderung. In Nord-Italien empfand man zu Mailand um 11 Uhr 30 Min. ein leichtes Beben, die Kronleuchter in der Kirche bewegten sich, aus den Kanälen trat das Wasser über die Ufer, und Gefäße, die mit Flüssigkeit erfüllt waren, schütteten davon über. In Turin empfand man Nichts. Im mittleren und unteren Italien wurden zwar keine Erschütterungen wahrgenommen, doch zeigte der Vesuv ein merkwürdiges Verhalten. Er hatte vor dem Erdbeben mehrere Tage nach einander Rauch ausgestoßen, in dem Augenblicke der Erdstöße zu Lissabon schlug die Rauchsäule jedoch in den Krater zurück und der Gipfel des Vulkans erschien rein und in vollkommener Unthätigkeit.

In der Schweiz will man beobachtet haben, daß sich der Genfer See an seinem westlichen Ende auf einige Augenblicke zurückgezogen habe, so wie daß die Quellen an der östlichen Seite von Montreux, Villeneuve und Aigle plötzlich mehr oder weniger trübe wurden. Bei der Quelle der Orbe hörte man ein unterirdisches Getöse und der Fluß schien eine kurze Zeit hindurch mehr angeschwollen. In einer der unterirdischen Mühlen in der Nähe von Locle, die fast 300 Fuß tief liegt, hörte man ein erschreckendes Getöse. Bei Neufchatel wurde das Wasser einiger Bäche, die sonst klar fließen, ganz schlammig und der See stieg während einiger Stunden um 2 Fuß über seinen gewöhnlichen Stand. Eine Quelle bei Boudry, nicht weit von Neufchatel, blieb einen Augenblick aus und ergoß sich darauf stärker als gewöhnlich mit trübem Wasser. Der Thuner See wallte auf und zog sich darauf stark zurück, noch mehr that dies der Brienzer See. Der Lauf der Aar wurde einen Augenblick gehemmt. Am Züricher See will man in der Nacht vor dem Erdbeben ein sonderbares Murmeln gehört haben und am Tage desselben bemerkte man an seinem Wasser ein ebensolches Zurückziehen wie an den vorgenannten Seen. Auch der Wallenstädter See stieg und schien von Nord nach Süd bewegt zu werden, obgleich Ostwind wehte. Der Boden-See bei Stein

und der Rhein bei seinem Ausflusse aus dem See stiegen während einiger Augenblicke um etliche Fuß. Nur bei Brieg im Wallis*) und in Basel empfand man eine eigentliche Erderschütterung, diese beiden Orte sind aber auch diejenigen, welche am häufigsten in der Schweiz von Erdbeben heimgesucht werden.

In Schwaben wurden an mehreren Orten Erschütterungen verspürt, so zu Cannstadt bei Stuttgart und zu Augsburg, wo Magnete ihre Last fallen ließen. Ob nun in Folge einer Verminderung ihrer Tragfähigkeit (wie man hat behaupten wollen) oder in Folge der Erschütterung, bleibt dahingestellt. In Donauwörth wurden einige Mauern erschüttert, in Ingolstadt blieben Quellen aus und gaben nachher während einiger Minuten trübes Wasser. In Teplitz in Böhmen warf zwischen 11 und 12 Uhr Vormittags die Hauptquelle plötzlich eine solche Menge Wasser aus, daß in einer halben Stunde alle Bäder überflossen. Schon eine halbe Stunde vor diesem Aufquellen war das Wasser schlammig geworden. Nachdem es hierauf beinahe eine Minute lang ganz ausgeblieben war, brach es mit großer Gewalt hervor und warf eine große Menge röthlichen Ockers aus. Hierauf wurde die Quelle wieder ruhig und rein wie zuvor, doch lieferte sie mehr Wasser als früher, auch war die Temperatur desselben erhöht. Man hat sogar behauptet, daß ihre Heilkräfte oder ihre mineralischen Bestandtheile vermehrt worden seien. Teplitz ist von Lissabon in gerader Linie 325 Meilen entfernt. Auch in der Mark Brandenburg will man an einigen Landseen auffallende Bewegungen wahrgenommen haben, so an den Seen von Templin, Netza, Muhlgast u. a. m. In Hamburg hat man in einigen Kirchen ein Schwanken der Kronleuchter bemerkt, auf der dänischen Halbinsel empfand man sogar zu Umshorn, Bramstedt, Rendsburg u. a. O. Erschütterungen; die Eider und Sturh wallten auf. Im Haag und zu Rotterdam soll nicht nur ein Schwanken freihängender Körper, sondern auch ein wirkliches Beben des Bodens bemerkt worden sein, und in anderen Gegenden Hollands hat man plötzliche Bewegungen der Binnengewässer beobachtet.

---

*) Man hat diese Erschütterung auch als eine selbstständige ansehen wollen, ich sehe jedoch die Nothwendigkeit davon nicht ein.

Auf den britischen Inseln wurde das Erdbeben am stärksten in Irland empfunden. Das westliche Irland liegt unter demselben Meridian, sogar noch etwas westlicher als Portugal, daher denn auch zu Cork (210 Meilen nördlich von Lissabon) ein wirklicher Erdstoß verspürt wurde. Sonst hat man in England und Schottland meist nur Bewegungen an Seen und Teichen bemerkt. Nur von Oxfordshire und von Derbyshire werden wirkliche Erschütterungen berichtet. In der ersteren Grafschaft wurde zu Caversham in einem Hause ein heftiges Getöse gehört, als ob das Haus einstürze, und doch wurde keine Beschädigung gefunden, als daß ein an der Wand des Hauses hinaufgezogener Weinstock abgebrochen und zwei Spalierbäume gespalten waren. In der letzteren wurden zu Asford bei Bakewell gegen 11 Uhr Morgens in den dortigen Bleibergwerken fünf Erdstöße binnen 20 Minuten empfunden, von denen der zweite der stärkste war. Die Bergleute hörten tief unter sich ein starkes Getöse. Der Aufseher fühlte in seinem neben dem Schachte gelegenen Hause einen Stoß. Es zeigte sich darauf ein in der Erde frisch entstandener Riß 450 Fuß lang, $^1/_2$ Fuß breit und 1 Fuß tief, gleichlaufend mit dem Streichen des dortigen Erzganges.

Selbst in Skandinavien soll dieses Erdbeben empfunden worden sein. In den Seen von Frirem und Stora Leed auf der Norwegisch-Schwedischen Grenze stieg das Wasser plötzlich, die Erde sank nieder und erhob sich darauf wieder mit Getöse. Im Götha-Thal in Schweden sollen große Bäume entwurzelt und umgeworfen worden sein. Auch am Wener-See und an den Seen von Dalekarlien und Wermeland sind außergewöhnliche Bewegungen wahrgenommen worden. Die Nachricht, daß auch auf Island und in Grönland das Erdbeben empfunden worden sei, erscheint verdächtig.

Es ist schon oben erwähnt worden, daß unmittelbar nach den ersten Erdstößen an der portugiesischen Küste das Meer mit einer hohen Fluth in das Land hineindrang. Das Wasser fiel darauf zurück und die Erscheinung kehrte dreimal wieder. Sie bestand also zuerst in einem Zuströmen des Oceans von West nach Ost. Damals stand ohnehin die regelmäßige Fluth des Meeres an der dortigen Küste bevor, das Weltmeer befand

sich also schon vor dem Erdstoße in einer Bewegung von West nach Ost, kam zu derselben noch ein plötzlicher Stoß in gleicher Richtung, so mußte die Bewegung eine beschleunigte werden. Man hat zur Erklärung der Erscheinung die Bildung einer großen Spalte und ein Verschlingen des Gewässers annehmen wollen, das sind jedoch Annahmen, deren man gar nicht bedarf. Der Stoß allein, der sich schneller im festen Gestein, als im Wasser fortpflanzt, genügt hierfür vollkommen. Man hat diese Bewegung im Ocean außerordentlich weit verspürt, am weitesten in ost-westlicher Richtung.

Auf Madeira zeigte sich die Meeres-Bewegung um 9 Uhr 30 Min. Das Meer zog sich zuerst um etliche Schritte vom Ufer zurück, kam dann plötzlich fluthend wieder, trat über die Ufer bis in die Funchal und überstieg den höchsten Wasserstand um 15 Fuß, obgleich der Zeit nach dort die Ebbe hätte sein müssen. Vier bis fünf Mal wogte so das Meer auf und nieder, jedesmal an Stärke etwas abnehmend. So geschah es an der Südküste der Insel, an der Nordküste war das Ueberfluthen beträchtlicher. Dort fing die Erscheinung ebenfalls mit einem Zurückziehen des Meeres an. Dieses Zurückziehen betrug wohl 100 Schritte (die Bedeutung dieser Angabe ist sehr unsicher, da man nicht weiß, ob der Strand flach oder steil war), dann kehrte das Wasser plötzlich zurück, wodurch an dem Ufer viel zerstört wurde. Es war zu Funchal 9 Uhr 30 Min. Morgens, als die Erscheinung erfolgte; der Längenunterschied gegen Lissabon beträgt ungefähr 7 Grade, also in Zeit gegen eine halbe Stunde, so daß die Erscheinung auf Madeira ungefähr 10 Uhr Lissaboner Zeit erfolgte, also 20—30 Minuten später als in Portugal. So viel Zeit hatte die Welle gebraucht, um den Raum von 7 Graden zu durchlaufen, welches in diesen Breiten 87 Meilen beträgt und 1160 Fuß in der Secunde ausmacht.

In Westindien, an den Küsten von Antigua, Barbados, Martinique und Sabia, erfolgte die Wasserbewegung gegen 3 Uhr Nachmittags dortiger Zeit, das ist 7 Uhr Abends in Lissabon. Die Fortpflanzung der wellenförmigen Bewegung durch den Atlantischen Ocean auf die Entfernung von fast 800 Meilen hatte daher 9½ Stunde Zeit gebraucht oder 560

Fuß in der Secunde. Aus der Vergleichung dieser Zeit mit der, welche die Wellenbewegung durch den Raum von Lissabon bis Funchal brauchte, ergiebt sich, daß die Schnelligkeit der Bewegung mit der Fortpflanzung derselben von dem Punkte ihres Ursprungs allmälig abnahm, wie dieses auch in der Natur der Sache liegt. Auch hieraus muß man schließen, daß der Hauptact, der erste Anstoß, von der Küste von Portugal oder Afrika ausging, und daß die ganze Erscheinung im Ocean und in Westindien nur eine mechanische Wirkung des Erdstoßes war. Von Martinique berichtet man, daß dort die fluthende Bewegung die oberen Stockwerke der Häuser erreicht habe, und daß bei der ebbenden der Meeresgrund 1/5 Meile weit trocken geblieben sei. Auf Barbados wiederholten sich die heftigen Bewegungen des Meeres von 5 zu 5 Minuten drei Stunden lang.

Auch seitwärts, d. h. gegen Süden und Norden, pflanzte sich die Bewegung im Meere fort, nur in minderer Heftigkeit, da überall die Küsten des festen Landes ihr ein Hinderniß entgegen stellten. An der portugiesischen Küste ward der Hafen von Setuval fast ganz zerstört, von der afrikanischen Küste wird von Saffé, das genau in dem Meridian von Lissabon liegt, berichtet, daß das Meer sich bis zu der weit vom Ufer gelegenen großen Moschee ergoß, und bei Tanger, in der Meerenge von Gibraltar, wiederholte sich das Fluthen des Meeres 18 Mal. Am Felsen von Gibraltar stieg die Welle 7 Fuß höher als die Fluth gewöhnlich und fiel eine Viertelstunde später außerordentlich tief. Dieses Fluthen und Ebben wiederholte sich viertelstündlich bis zum folgenden Morgen. Zu Cadiz, von wo wir genaue Berichte besitzen, zeigte sich diese ganze Erscheinung sehr ausgezeichnet. Der Felsen, auf welchem die Stadt liegt, hängt durch eine flache sandige Landzunge mit dem festen Lande zusammen. Man hatte die ersten Erdstöße fast zu derselben Zeit wie in Lissabon empfunden, sie dauerten etwa 3 1/2 Minute und richteten zwar keinen großen Schaden an, versetzten aber doch die Bevölkerung in eine große Aufregung. Als man sich eben etwas erholt hatte, bemerkte man eine andere furchtbare Erscheinung von der Meeresseite herandrängend. Das Meer hatte in etwa 3 Seemeilen Entfernung von der Küste eine Höhe von 60 Fuß über seinen mittleren Stand erreicht

und bildete eine furchtbare Welle, welche drohend sich mit großer Schnelligkeit der Stadt näherte. Als man sie näher kommen sah, gerieth Alles in die schrecklichste Bestürzung. Die Wachtposten verließen die seewärts gekehrten Festungswerke und das Volk stürzte fliehend zu dem Thore gegen die Landseite. Der erste Andrang dieser Welle gegen die Küste war außerordentlich heftig. Ein Theil ihrer Kraft brach sich an den Klippen, welche dem Hauptfelsen vorliegen; sie zerstörte dann die ihr entgegenstehenden Wälle und Schutzmauern, wobei sie schwere Kanonen bis 100 Fuß weit zurückrollte; allein in die Stadt eingebrochen war ihre Kraft schon sehr vermindert, sie überschwemmte nur die dem Meere zunächst liegenden Straßen und richtete sehr unbedeutenden Schaden an; dagegen außerhalb der Stadt trat sie über die oben erwähnte Landzunge, zerriß dieselbe und vernichtete die dorthin geflüchteten Menschen. Dieses vorhersehend hatte der Gouverneur der Stadt vorher die Thore schließen und das Volk mit Gewalt am Entfliehen verhindern lassen. Das Wasser zog sich eben so schnell, als es gekommen war, wieder zurück und ließ auf Augenblicke große Strecken des Meeresgrundes trocken, es kehrte dann noch 4 bis 5 Mal mit geringerer Kraft wieder.

Nördlich von Lissabon berichtet man, daß zu Corunna ein siebenmaliges Steigen und Zurücktreten des Meeres stattfand. Zu Cork in Irland war die Aufregung sehr groß, an der Küste von Cornwallis erhob das Meer sich bis 10 Fuß über den gewöhnlichen Stand und Schiffe wurden daher losgerissen und auf den Strand geworfen. Zu Liverpool und an den Küsten von Northumberland und Schottland machte die Bewegung überall sich geltend. An den niederländischen Küsten und weit in die Flüsse und Kanäle hinein staute das Meer die Wässer auf, so daß von Rotterdam, Herzogenbusch, Haag, Leyden, Utrecht, Harlem und Amsterdam Nachrichten da sind. Zu Glückstadt, an der Elbmündung, wo das Meer sich in eine konisch verengte Bucht drängt, erfolgte die Bewegung zwischen 11 und 12 Uhr und in Hamburg trat sie, wenn auch nur schwach, um 1 Uhr Mittags deutlich ein. Die Küsten Dänemarks und Norwegens wurden von ihr ebenfalls berührt, ob aber ein außergewöhnlicher Wasserstand zu Abo im Finnischen Busen

der Ostsee auf Kosten der Fortpflanzung im Meere, oder der Erschütterung des Landes zu setzen sei, bleibt unentschieden. Ebenso muß es fraglich bleiben, ob die Erschütterung, welche sich am 1. November Mittags in Boston in Nordamerika fühlbar machte, so wie frühere Erschütterungen an den Canadischen Seen und spätere in den Staaten New-York und Pennsylvanien hierher zu zählen sind.

Umfassen wir das ganze Gebiet, nicht bloß das, welches erschüttert worden ist, sondern auch dasjenige, welches von der außergewöhnlichen Bewegung des Meeres berührt wurde, so erhalten wir einen Raum von 700000 Quadratmeilen, welches nahe den zwölften Theil der Erdoberfläche ausmacht. Wer könnte da noch zaudern, die große und allgemeine Bedeutung der Erdbeben für die Entwickelungsgeschichte unseres Erdkörpers anzuerkennen?

Vierzehnter Brief.

Ursachen der Erdbeben.

Nachdem wir nun in einer langen Reihe von Erläuterungen diejenigen Einzelheiten näher ins Auge gefaßt haben, welche in ihrer ganzen Gesammtheit die Erscheinung der Erdbeben bilden und dieselben begleiten; nachdem durch ein Paar Beispiele zuletzt auch noch die Mannichfaltigkeit der Wirkung und die Ausbreitung jener Naturerscheinungen dargelegt worden ist; nachdem wohl jeder aufmerksame Leser sich überzeugt hat von der Schwierigkeit, auf Gebieten der Beobachtung, wo man fast gar nichts messen kann, doch sicher vorzuschreiten — da drängt sich die bisher umgangene Frage nach der Ursache dieser merkwürdigen und wichtigen Phänomene auf das Lebhafteste hervor.

Können wir irgendwo unmittelbar die Ursache erkennen, welche die Erdbeben hervorruft? so müssen wir uns fragen, und unsere Antwort wohl sehr bald durch ein einfaches Nein! ab-

geben. Für manche Naturerscheinungen läßt sich die nächste Ursache sehr wohl erkennen. Daß Stoß die Bewegung eines Körpers auf einen andern überträgt, daß die Bestrahlung durch die Sonne Ursache der Erwärmung wird, daß die Richtung, in welcher sich das Licht verbreitet, abhängig ist von der verschiedenen Dichtigkeit der Körper, in welche es übergeht, — zu diesen unmittelbaren Folgerungen werden wir durch eine ruhige Beobachtung von selbst geführt. Bei den Erdbeben liegt nur wenig vor, was uns den Weg zeigen kann, nichts, was uns direct zu einer Grundursache hinführt. Die Erde schüttelt sich, das ist das Factum. Wir sehen aber nirgends das Warum auch nur in Etwas näher angedeutet. Die Alten, die so gern Erklärungen zu construiren suchten, wo die unmittelbare Wahrnehmung sie ihnen nicht ergab, wußten hier sich nur durch den Vergleich mit andern ihnen unerklärlichen, doch häufiger vorkommenden Erscheinungen zu helfen, indem sie die Erdbeben unterirdische Gewitter nannten.

Wenn wir aber in den Naturwissenschaften für einen Cyclus von Erscheinungen keine directe Ursache finden können, so untersuchen wir, ob durch eine genaue Betrachtung des Wesens der Erscheinung einerseits und der Beziehungen andererseits, in welchen dieselbe zu den übrigen Naturerscheinungen steht, sich nicht ein Blick eröffnet, welcher auf den Ursprung hinweist. Lassen Sie uns jetzt versuchen dieser Methode hier zu folgen.

Das Wesen der Erdbeben ist sicherlich nur da hinein zu setzen, daß es in Erschütterungen des festen Erdbodens besteht, welche von unten nach oben gerichtet sind. Dieser letztere Umstand ist von großer Bedeutung. Die zahlreichen Wahrnehmungen haben darüber keinen Zweifel gelassen. Es wird bei den eigentlichen Erschütterungen niemals von einem anfänglichen Einstürzen, sondern immer von einer Erhebung des Bodens gesprochen, der einzelnen auffallenden Fälle, von Melfi und Calabrien, gar nicht zu erwähnen.

Der Ort der Erdbeben ist demnächst zu bestimmen oder mindestens zu untersuchen. Wir haben schon oben erwähnt, daß Erdbeben überall vorkommen, aber wir haben auch bereits bemerkt, daß sie in manchen Gegenden besonders häufig, in anderen sehr selten sind. Am häufigsten kommen sie in vulka=

nischen Districten vor, wie im südlichen Italien, in Klein-Asien und Syrien, im westlichen Süd-Amerika, auf den Sunda-Inseln, den Philippinen u. s. w., am seltensten in der Mitte großer Tiefländer, wie in Nordost-Europa und in Nordwest-Asien. Dabei hat man jedoch wohl zu beachten, daß die heftigsten Erschütterungen nicht in der unmittelbaren Nähe der Vulkane vorzukommen pflegen, sondern daß diese meist in einer gewissen mäßigen Entfernung von denselben zu suchen sind.

Was die Zeit anbetrifft, so haben wir ebenfalls schon oben angeführt, daß es im Winter mehr Erdbeben zu geben scheint, als im Sommer, und daß außerdem die Zeit der Hochfluthen auch die Zeit der heftigeren Erdbeben zu sein pflegt. Ob aber diese beiden Angaben ganz unzweifelhaft fest stehen, ist doch bisher noch nicht unwiderleglich dargethan. Von einer Häufigkeit in der Nachtzeit, wie man sie hat nachweisen wollen, kann man sich auch noch nicht ganz überzeugt halten.

Wenn wir nun außerdem noch nach den besonderen Umständen fragen, unter denen Erdbeben sich ereignet haben, so finden wir von ihnen eine solche Mannichfaltigkeit, daß es sehr schwer wird, zu erkennen, ob nur Bedeutungsloses oder auch Bedeutungsvolles hier vorliegend sei. Zunächst erkennt man wohl, daß Erdbeben von mittlerer Intensität besonders geeignet sein werden, die wichtigeren Eigenthümlichkeiten der Erscheinung klar hervortreten zu lassen, denn bei ihnen gehen die feineren Nebenwirkungen weder in der Gewalt der Hauptbewegung unter, noch verschwinden sie wie bei den gar zu schwachen Aeußerungen derselben. Solche Erschütterungen werden auch an denjenigen Stellen besonders gern zum Vorschein kommen, welche geeignet sind der Kraft, die sie hervorbringt, leichter zum Ausgangspunkt zu dienen, und daher sehen wir auch einzelne Gegenden ganz besonders häufig von den Erdbeben heimgesucht. Das Rheinthal zwischen den Niederlanden und dem Mainthale, das Rheinthal zwischen Schwarzwald und Vogesen, das Rhonethal im Ober-Wallis, das Rhonethal zwischen den Alpen und Sevennen, das Etsch-Thal, das die Kalkgebirge von den Porphyren Süd-Tyrols durch eine tiefe Spalte scheidet, das Alles sind Localitäten, durch die hindurch sehr häufig Erdbeben sich kund geben.

Es ist kein Grund vorhanden anzunehmen, daß die Wassermengen, welche sich in diesen Thälern fortbewegen, einen besonderen Grund abgeben sollten für das Eintreten der Erderschütterungen. Andere Thäler führen ebenso viel Wasser in derselben Weise und zeigen die Erscheinung dennoch nicht. Auch scheint das Vorkommen von Wasser an der Oberfläche ganz ohne Einfluß auf die Erdbeben zu sein. Das Wasser, das an unserer Erdoberfläche sich bewegt, ist überhaupt nur als der Rest desjenigen anzusehen, welches in die Tiefe drang. Nur, was nicht in die Tiefe einzusinken vermogte, blieb an der Oberfläche zurück, je tiefer, um so gleichmäßiger müssen die festen Massen des Gesteins mit Wasser ganz durchtränkt sein. Ein besonderer Grund, das Vorkommen von Erdbeben aus den Bewässerungs-Verhältnissen der Oberfläche abzuleiten, liegt daher gar nicht vor.

Ebensowenig haben sich, wie oben schon gezeigt, Zustände in der Atmosphäre finden lassen, welche eine irgendwie bestimmtere Beziehung zu den Erdbeben dargethan hätten, weder in Bezug auf Temperatur, noch auf Feuchtigkeitsgehalt, noch auf Vorhandensein elektrischer Spannungen. Zwar wollte man einmal die ganze Theorie der Erdbeben auf die Erscheinungen elektrischer Natur zurückzuführen suchen, doch ist das Unternehmen nicht gelungen. Auch die magnetische Thätigkeit unseres Erdinnern erscheint ohne Zusammenhang mit Erderschütterungen und so sehen wir denn diese Kraft-Aeußerung der Natur isolirt dastehen, nur, wie es scheint, in einfacher Beziehung zu der innern Masse unseres Erdkörpers und zu den Massen der benachbarten Gestirne.

Fragen wir uns nun, auf welche Ursache denn die Gesammtheit der Erscheinungen hindeute, wenn ein unmittelbarer Zusammenhang nicht nachzuweisen ist, so können wir nur sagen, daß die Erdbeben als Aeußerungen einer Kraft zu nehmen sind, welche, in den tieferen Theilen unserer Erdrinde thätig, nach Außen stoßend wirkt. Erdbeben sind die Folgen plötzlicher Erschütterungen, die von unten nach oben, wenn auch nur selten vertical gerichtet sind. Daß diese Erschütterungen mit der Thätigkeit der Vulkane in näherer Beziehung stehen, werden wir später nachzuweisen haben. Das ist jetzund die allgemeiner

angenommene, wenn auch nicht unangefochtene Ansicht von der Sache. Da wir aber hier noch nicht von den vulkanischen Erscheinungen geredet haben, so können wir auch deren Zusammenhang mit den Erdbeben nicht nachweisen, noch eine gemeinschaftliche Theorie für beide entwickeln. Dagegen wird es am Orte sein, die Ansichten zu berühren, welche eine andere Erklärung suchen, und ihren Werth hier näher zu erörtern.

In Zusammenhang mit den vulkanischen Erscheinungen hat man chemische Vorgänge, Erdbrände, electrische und magnetische Entladungen und endlich auch, für die Erdbeben allein, Einstürze als die Ursache derselben ansehen wollen. Die letztere Ansicht allein hat für uns eine Bedeutung, da sie in neuerer und neuester Zeit mit Scharfsinn und Eifer verfochten worden ist.

Boussingault war der Erste, welcher einen Theil der Erdbeben, derjenigen, welche nicht unmittelbar mit vulkanischen Ausbrüchen verbunden sind, durch innere Einstürze erklären wollte. Er war bei seinem Aufenthalt im südlichen Amerika zu der Ansicht gekommen, daß nicht alle der dort so häufig vorkommenden Erschütterungen dieselbe Bedeutung haben könnten, wie die Bewegungen, welche gewaltige vulkanische Epochen zu eröffnen pflegen. Er nimmt an, daß die Anden fortdauernd in einem Niedersetzen begriffen seien, welches dadurch vor sich gehe, daß Spalten und Höhlungen im Gebirge existirten, welche ab und zu zusammenbrächen oder theilweise Einstürze erlitten.*) Auch ist Darwin geneigt die schwächeren, im Gefolge großer Erdbeben auftretenden Erschütterungen auf ähnliche Weise zu erklären, eine Ansicht, der sich noch andere Beobachter vulkanischer Gegenden angeschlossen haben. Wir müssen gestehen, daß es auch für uns ganz natürlich erscheint anzunehmen, daß da, wo großartige Bewegungen Statt gefunden haben, auch untergeordnete Hohlräume sich bilden können, welche gelegentlich zusammenbrechen und unbedeutendere locale

*) Seine Ansicht, welche sich vor Allem auf die unbewiesene Annahme stützt, daß die große Masse der Anden nicht im weichen, sondern im festen und spröden Zustande erhoben worden sei, ergiebt sich näher aus seinen Worten, die Humboldt in der Note 14 zu dem Erdbeben-Kapitel des 4. Bandes des Kosmos anführt.

Erschütterungen hervorrufen, daß damit aber nach unserem Dafürhalten gar keine Erklärung der Erdbeben-Erscheinung im Ganzen gegeben ist.

Später hat Necker von Genf durch eine sehr schätzbare Arbeit nachzuweisen versucht, daß manche Erdbeben ganz außer Zusammenhang mit vulkanischen Erscheinungen zu stehen scheinen, sich dagegen viel wahrscheinlicher durch Auswaschungen gewisser Gesteine und durch Einstürzen der dadurch entstandenen Hohlräume erklären lassen. Er ist der Ansicht, daß manche Erschütterungen durch das Einbrechen von sogenannten Gypsschlotten entstanden seien, was auch an sich nicht unwahrscheinlich zu sein scheint, nur haben wir bis in die neueste Zeit hinein Nachrichten vom Einsinken solcher Höhlen und von der Bildung sogenannter Erdfälle, ohne daß dabei von Erdbeben irgend eine Spur bemerkt wäre.

In neuester Zeit hat Volger in einer größeren Zusammenstellung über die schweizer Erdbeben den Zusammenhang der Erdbeben und Vulkane vollständig geläugnet. Er stellt der alten Hypothese, deren Schöpfer und Vertheidiger er auf eine für ihn nicht ganz würdige Weise behandelt, eine neue gegenüber, indem er behauptet, daß alle Erdbeben eine Folge von Auswaschungen seien, wobei er zugleich viele der bisher angenommenen Grundlehren der Geologie in Frage stellt. Seine Bestrebungen gehen hauptsächlich dahin, die Unhaltbarkeit der bisher angenommenen Ansichten darzuthun, und die seinigen als viel glaublicher hinzustellen. Wie es scheint, so ist es ihm bisher damit nicht sehr geglückt. Denn directe Beweise für Erdbeben als Folge von Auswaschungen und Einstürzen lassen sich nicht aufführen; und so wird wohl die ältere Ansicht doch neben der jüngeren Auffassung der Thatsachen ihre wenig beschränkte Geltung behalten.

Ich habe in dieser wichtigen Angelegenheit schon durch die früher angeführten Thatsachen die Anschauung des Lesers zu leiten gesucht und habe besonders deshalb die Beobachtung der Holzhauer im Walde von Gotha mitgetheilt und die Betrachtungen, welche von Hoff klar und einfach daran knüpft, um darauf hinzuweisen, daß es wahrscheinlich auch größere Erdbeben giebt, welche dergleichen Ursachen ihren Ursprung ver-

danken. Ich bin z. B. der Meinung, daß die Erschütterungen der Insel Meleda für solche durch Einstürze hervorgebrachte Bewegungen zu halten sind, und zweifle nicht, daß auch wohl für andere Localitäten dergleichen Entstehungen wahrscheinlich gemacht werden können. Aber ich bin sehr weit davon entfernt, großen Erdbeben, wie z. B. denen von Lissabon oder Jamaica, einen solchen Ursprung zuzumuthen.

Wenn es nach dem Angeführten einerseits wahrscheinlich gemacht werden kann, daß Erdbeben mitunter die Folge von Einstürzen und Auswaschungen seien, so steht es andererseits unzweifelhaft fest, daß Erdbeben bei vulkanischen Ausbrüchen vorkommen, ja dieselben fast immer begleiten. Wenig begründet erscheint daher die Ansicht, welche die Erdbeben allein der ersten Ursache zuweisen will, wenn sie nicht zugleich die ganze Theorie der Vulkane umzuwerfen und in sich aufzunehmen vermag. Doch was soll ich Sie hier, geduldiger Leser, noch am Ende eines langen Abschnittes mit der Frage nach der Berechtigung verschiedener Ansichten behelligen, da Sie doch über diejenige, welche ich glaube vertreten zu müssen, nicht in Zweifel sein werden. Lassen Sie mich Ihnen nur die eine Annahme noch einfach vorführen, in der die verschiedenen Ansichten, welche die Erscheinung der Erdbeben zu erklären versuchen, zusammentreffen, das ist die Annahme: daß ansehnliche Höhlungen im Innern unserer festen Erdrinde vorhanden sein müssen. An diese Vorstellung wollen wir später weiter anknüpfen.

Funfzehnter Brief.

Theorie der Quellenbildung.

Wenn auch in den Briefen zum ersten Bande des Kosmos schon von den Quellen und artesischen Brunnen Einiges gesagt worden ist, so erscheint es doch nicht überflüssig hier noch etwas näher auf diesen Gegenstand wiederum einzugehen, da er für Leben und Wissenschaft eine gleich große Wichtigkeit

besitzt. Wir folgen hierbei der vortrefflichen Darstellung aller Verhältnisse der Quellen, welche Bischof in seiner chemischen und physikalischen Geologie gegeben hat.

Nur einen kleinen Theil des auf der Erdoberfläche vorhandenen Wassers nennen wir Quell-Wasser oder süßes Gewässer. Vergleichen wir nicht bloß die Ausdehnung, sondern auch die Tiefe der großen Meere mit der Ausdehnung und Tiefe von Flüssen und Seen, so fällt dieses Verhältniß recht deutlich in die Augen. Nicht der tausendste Theil des an der Erdoberfläche sich bewegenden Wassers ist Quell-Wasser. Es sind die flüchtigen, süßen Kinder der großen salzigen Mutter, welche, nach kurzer, eilig durchflogener Bahn in den luftigen Räumen des Himmels, herabgestiegen sind auf das dürre Land, es zu befruchten und zu beleben, die sich ein Weilchen dort tummeln im Springen und Laufen, aber doch endlich, wenn sie der Berggeist nicht in seine Tiefen lockt, heimkehren müssen in den Schooß ihrer Mutter. Wenig Vorgänge in der Natur fordern uns wohl so freundlich auf, ihre Ursache zu suchen und ihren Wirkungen zu folgen, als die Erscheinung der Alles befruchtenden Quellen, und darum lassen Sie auch uns auf den folgenden Blättern dem Gegenstande etwas näher treten.

Die wässerigen Theile der Luft schlagen sich bei jeder starken Abkühlung als Wasser aus ihr nieder, theils nennen wir dieses Wasser Thau, theils Nebel und Wolken. Aus letzteren fällt es wieder als Regen, Schnee und Hagel herab und gelangt so an die Oberfläche der festen Erde. Hier schiebt es sich entweder als Eis in den Gletschern aus höheren Gegenden langsam in tiefere hinab, oder es eilt in Bächen, Flüssen und Strömen den tieferen Theilen des Erdbodens zu. Mitunter sammelt es sich in geschlossenen Vertiefungen an, Seen bildend, die entweder ihren Ueberfluß über den niedrigsten Theil ihres Randes entleeren, oder denselben durch ihre Verdunstung und Abfluß unter der Erde ausgleichen. Gräbt man sich nun in der Umgebung eines solchen fließenden oder stehenden Gewässers eine Vertiefung aus, so wird sich in dieser, in einer Tiefe, welche dem Niveau des nächstgelegenen Wasser-Vorkommens entspricht, auch Wasser ansammeln. Allerdings nur dann, wenn die Erd- oder Stein-Art, welche sich an dieser Stelle fin-

det, für Wasser nicht undurchdringlich ist. Eine solche Vertiefung nennt man einen Brunnen. Liegt nun ein solcher Brunnen so, daß er unzweifelhaft sein Wasser durch die leicht durchdringbaren Schichten aus dem benachbarten Flusse oder See erhält, so pflegt man ihn als einen Senkbrunnen zu bezeichnen und das aus ihm erhaltene Wasser Brunnen-Wasser, aber nicht Quell-Wasser zu nennen.

Große Massen von Wasser werden auf diese Weise gewonnen, und die zahlreichen Brunnen-Anlagen haben uns mit einigen interessanten Eigenthümlichkeiten des unterirdischen Wasserstandes bekannt gemacht. Zunächst hat es sich gezeigt, daß unterirdische Wasser-Ansammlungen nicht ganz das gleiche Niveau einhalten. Es zeigt sich nämlich, daß, je weiter man sich von dem Wasser-Reservoir entfernt, der Wasserspiegel um so höher steht, so daß auf eine Meile 15 bis 20 Fuß Ansteigen kommt. Man erklärt sich die Erscheinung dadurch, daß dieses Wasser Regenwasser ist, welches von oben niedersinkt und bei der Bewegung abwärts doch eine kleine Reibung in den Erdmassen zu überwinden hat, welche, zu der Hebung durch den benachbarten Wasserspiegel hinzugefügt, den höheren Stand hervorbringt. Außerdem verdient hierbei bemerkt zu werden, daß, wenn ein Flußthal bis zu gewisser Tiefe mit Sand- und Geröll-Massen ausgefüllt ist, diese Massen doch irgendwo auf dichterem Gesteine aufliegen müssen. Wenn sie nun vom Flusse aus mit Wasser ganz durchtränkt sind, so wird dieses Wasser ebenso wie das des Flusses im Thale abwärts fließen, und nur ein Theil wird in das unterliegende Gestein einsinken. Sind solche lockere Massen nun in einem Flußthal sehr mächtig, so kann die Masse dieses Grundwassers, das im Bett verbreitet ist, bei weitem mehr betragen als das, welches der Strom selbst enthält.

Freilich, wenn der Boden, auf welchem Bäche oder Flüsse fließen, sehr zerklüftet ist, so sinkt mitunter noch mehr Wasser in ihn ein, als wenn er aus Sand und Gerölle besteht. Ja, setzen diese stark klüftigen Massen an der Oberfläche, wie auch in die Tiefe fort, so kann ein ganzer Fluß darin versinken. Die Spanier rühmen sich die größte Brücke in der Welt in ihrem Lande zu besitzen, das ist die Stelle, wo die Guadiana

in Alt-Castilien, zwischen Villaharta und Daymiel, auf vier Meilen weit nur unterirdisch läuft. Dicht bei der Straße von Madrid nach Cordova bildet sich aus mehreren starken Quellen, los Ojos de la Guadiana genannt, der Strom auf's Neue und fließt in unveränderter Stärke weiter. Ein solcher Ausfluß wird nur dadurch möglich, daß ein zerklüftetes Gestein von wasserdichten Schichten umgeben wird, so daß das Wasser gleichsam einen See unter der Erde bildet, welcher an der Stelle, wo die wasserdichte Wand am niedrigsten liegt, über sie abfließt.

Manchmal versinkt auch nur ein Theil vom Wasser des Flusses, oder er versinkt zur Sommerszeit bei geringem Wasserstand, während er bei hohem Wasserstand dieselbe Stelle überströmt. Das sieht man an der Rhone bei der Perte du Rhone unterhalb Genf. Je wasserreicher Flüsse sind, um desto weiter fließen sie auf zerklüftetem Boden fort, ehe sie versinken. Daher rückt im Frühjahre oder nach heftigen Regengüssen die Stelle des Versiegens bei einem Flusse vor, und in der trockenen Jahreszeit zieht sie sich zurück. Auch fließen Flüsse mit größerem Gefälle leichter über zerklüfteten Boden fort, als solche, die nur weniges besitzen.

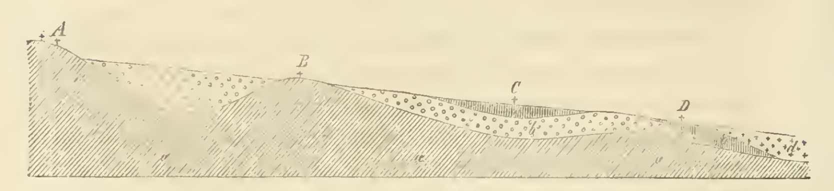
Ein westphälischer kleiner Fluß, die Alme, welcher bei Paderborn in die Lippe geht, liefert eins der belehrendsten Beispiele für dergleichen Verhältnisse. Er entspringt südlich von dem Städtchen Brilon, welches am Rande der Sauerländischen Berge auf einem sehr zerklüfteten Kalkplateau gelegen ist. Die Bäche, welche, in den höheren südlichen Schieferbergen entspringend, die Kalksteinmasse berühren, werden alle von ihr verschluckt. Deutliche Wasserläufe führen am Rande der Schiefer zu dem Kalkgestein und senken sich allmählig um 15 bis 20 Fuß gegen ihre Umgebung nieder. Wenn man solch einer kleinen Schlucht folgt, so gelangt man zuletzt vor eine Kalkwand oder in einen kleinen Kessel, in dessen Grunde eine unregelmäßige Kluft die ganze Wassermasse des Baches mit einem gurgelnden Geräusche aufnimmt. Die Klüfte sind so zahlreich im Gesteine, daß sie nicht bloß im Sommer alles Wasser ihrer Zuflüsse verschlingen, sondern daß auch im Frühjahr keine Ansammlungen entstehen. Man nennt diese kleinen Schluchten Schlotten, ein Ausdruck, der in anderen Gegenden für unterirdische Höhlungen gebraucht

wird. Man findet deren wenigstens ein halbes Dutzend in der Umgegend von Brilon.

Natürlicher Weise wird dem Kalkplateau auf diese Art jede Wasser-Ansammlung entzogen, so daß die Oberfläche desselben unbewohnbar ist, weil sie keine Brunnen haben kann. Nur wo wasserabschließende Gesteine wieder in der Kalkmasse vorkommen, theils sie von unten unterbrechend, theils ihr von oben aufgelagert, da treten wieder Quellen auf und machen diese Punkte bewohnbar. (Der nachfolgende Durchschnitt wird hoffentlich dazu dienen, die Structur-Verhältnisse anschaulicher zu machen.) In dem Schiefergebirge A sammeln sich die Quellen und laufen abwärts zu dem Kalkstein b, in diesem verlieren sie sich; da sie aber ein flacher Schieferrücken bei B aufhält, so kommen sie wieder hervor, gehen über diesen fort, sinken aber dahinter wieder in den Kalkstein ein und verlaufen in ihm bis D. Hier hören sie auf, werden jedoch an der Oberfläche durch jüngere Schiefer c bedeckt und müssen daher, bei dem Abfall des Terrains, oberhalb D hervorkommen. Nachdem sie nun über



Fig. 13.



den Schiefer c geflossen sind, kommen sie wieder auf einen durchlassenden Mergelboden und verlieren sich in demselben abermals. Bei C liegt der jüngere Schiefer auf dem Kalkstein auf und sammelt dort einige Wässer an seiner Oberfläche. Ortschaften finden sich daher sowohl bei A als bei B, C und D.

Diese Darstellung ist keine ideale. Der erste Ursprung der Alme an der langen Haide südlich von Brilon führt den Namen: die Ah. Er durchläuft ein Stündchen Weges, bis er den Kalkstein berührt und in ihm verschwindet. Nach einer Viertelstunde trifft er auf den Schieferrücken im Kalk, tritt an dessen niedrigster Stelle hervor und geht über ihn fort, indem er 7 Mühlen treibt. In dem dahinter liegenden Kalk versinkt er wieder, kommt aber am Rande desselben, bei dem Dorfe Ober-

Alme, aus einem trichterförmigen Loche wieder hervor, und das in solcher Wasserfülle, daß er kaum ein Paar Hundert Schritt abwärts schon eine große Papiermühle in Bewegung setzt. Von hier ab führt er den Namen die Alme und fließt zuerst über Schiefergesteine fort, tritt jedoch später, unterhalb Büren, in die porösen Mergel der Kreide-Formation, in denen er den größten Theil seines Wassers wieder verliert, und in trockenen Jahren sogar ganz versiegt.

Mitunter sieht man so große Quellen plötzlich hervorbrechen, daß man annehmen muß, es seien nicht ursprüngliche, sondern secundäre Ausflüsse. Bei Lippspring treten die mächtigen Quellen des Jordans und der Lippe hervor. Jener kommt aus drei nahe an einander gelegenen Klüften des anstehenden Kreidemergels, mit großer Schnelligkeit und Ergiebigkeit. Diese entspringt aus einer trichterförmigen Vertiefung und bildet einen ungefähr 100 Fuß langen und 70 Fuß breiten Teich, aus dem so viel Wasser abfließt, daß damit eine unmittelbar anstoßende Mühle mit drei Mahlgängen betrieben werden kann und außerdem durch die Freischütze fast eben so viel Wasser abläuft. Noch merkwürdiger ist das Hervorquellen der bedeutenden Wassermassen zu Paderborn. Die Zahl der im untern Theile der Stadt entspringenden Quellen soll 130 betragen, die in ihrer Vereinigung die Pader, einen ansehnlichen Fluß, ausmachen. Um die Größe desselben näher zu bezeichnen, reicht es hin zu bemerken, daß die verschiedenen Arme der Pader nicht weniger als 14 unterschlächtige Wasserräder der Stadtmühlen neben einander in Bewegung setzen.

Nicht selten zeigt sich in zerklüfteten Gebirgen die Erscheinung periodischer Quellen. Es finden sich nämlich in dem Gesteine Oeffnungen, aus welchen, nur zur nassen Jahreszeit, wenn der Spiegel der unterirdischen Wassersammlung hoch steht, Wasser ausfließt. Zur trockenen Jahreszeit hingegen, wenn der Wasserspiegel im Gesteine tiefer liegt als jene Oeffnungen, kann natürlich kein Wasser ausfließen und die Quelle versiegt. Da, wo in Thälern solche periodische Quellen sich zeigen, ist es leicht, den Stand der unterirdischen Wasser in den verschiedenen Jahreszeiten auszumitteln. Denn sobald man die Löcher und Spalten thalaufwärts verfolgt, welche zur nassen Jahreszeit

noch Wasser geben, bis zu denen, aus welchen nie Wasser in aufsteigendem Strahle fließt, so findet sich die äußerste Höhe jenes Niveaus in der nassen Zeit. Beobachtet man ferner den niedrigsten Wasserstand in den Senkbrunnen des Thales, während der trockenen Jahreszeit, so erhält man den niedrigsten Stand von jenem Niveau. Aus letzterem ergiebt sich dann die Tiefe, bis zu welcher Senkbrunnen in der benachbarten Gegend abgeteuft*) werden müssen, um während des ganzen Jahres Wasser zu haben.

In der Gegend des Teutoburger Waldes sind mancherlei Sagen verbreitet, daß Substanzen, welche in Bäche am Orte ihres gänzlichen Versiegens geschüttet wurden, am Ausflusse der Quellen jenseits des Gebirges wieder zum Vorschein kamen. So soll Flachs, der bei Dahle in den Ellerbach eingestreut wird, nach drei Tagen in den Pader-Quellen zum Vorschein kommen. Es scheint, daß keine dieser Sagen auf einer wohlbegründeten Thatsache ruht. So unbezweifelt der unterirdische Zusammenhang zwischen den im Mergelgebirge versinkenden Flüssen und den am Abhange desselben hervorkommenden mächtigen Quellen ist, so wenig wahrscheinlich ist es, daß jene Flüsse ihren unterirdischen Lauf in einem geschlossenen Kanale fortsetzen, so daß schwimmende Substanzen geraden Weges fortgeführt werden könnten. Es deuten vielmehr alle Umstände darauf hin, daß die versinkenden Flüsse sich zwischen die Klüfte des Gesteins verlieren, sich in Höhlen sammeln und so ausgedehnte unterirdische Wasserbecken bilden, aus denen hier und da die Wasser durch jene mächtigen Quellen wieder abfließen.

Der Hauptbeweis für die Ansicht, daß jene großartigen Quellen nicht als die unmittelbaren Ausflüsse versinkender Flüsse gedacht werden können, sondern daß sie aus großen unterirdischen Wasser-Ansammlungen kommen, ist, daß die Temperatur jener Quellen entweder ganz constant, oder die Veränderungen derselben wenigstens in sehr enge Grenze eingeschlossen sind.

Einen anderen Quellen-Ursprung bieten hochgelegene Seen,

---

*) Abteufen heißt so viel als absinken, einen Schacht oder Brunnen-Bau in die Tiefe führen.

welche bedeutende Zuflüsse, aber keine Abflüsse haben. Betragen die Zuflüsse mehr, als das Wasser, welches durch Verdunstung verloren geht, und erhöht sich der Wasserstand in den Seen nicht bis zum Ueberfließen, so müssen nothwendig unterirdische Wasserabflüsse stattfinden. Solche Wasserabflüsse setzen voraus, daß die Unterlage der Seen aus einem mehr oder weniger zerklüfteten Gebirge besteht.

Ein solcher See ist der Dauben-See auf der Gemmi, dem Paß, welcher den westlichen Theil des Berner Oberlandes mit dem mittleren Wallis verbindet. Dieser See liegt ungefähr 7000 Fuß über dem Meeresspiegel, ist $^1/_4$ Meile lang und hat, obgleich sich der bedeutende Gletscherstrom aus dem ansehnlichen Lammer-Gletscher in ihn ergießt und alle Regen- und Schneewasser der umliegenden hohen Gebirge von ihm ebenfalls aufgenommen werden, keinen sichtbaren Abfluß. Ungefähr 1200 Fuß tiefer, auf der Spital-Matte, zwischen Kandersteg und der Gemmi, kommen aber zahlreiche und sehr ergiebige Quellen zum Vorschein, welche in ihrer Vereinigung einen nicht unbedeutenden Bach bilden. Die Zahl dieser Quellen steigt weit über 50, von denen 51 untersuchte eine Temperatur von $3^1/_4°$ bis $4^1/_2°$ *) hatten. Es ist sehr wahrscheinlich, daß diese Quellen vom Dauben-See herrühren, denn die ganze Gemmi besteht aus sehr zerklüftetem Kalksteine und also auch das Bett des Dauben-Sees. Am Fuße von Hügeln, die aus regellos auf einander geschichteten, mehr oder weniger großen Kalkfelsen bestehen und aus Zerklüftungen derselben kommen diese Quellen hervor, wovon ein Theil, nachdem sie einen nicht unbedeutenden Bach gebildet haben, wieder versinkt, und am Fuße eines kleinen Hügels nebst mehreren anderen Quellen abermals zum Vorschein kommt.

Zwischen den hohen Gebirgen, welche mit ewigem Schnee bedeckt sind, findet man in der gemäßigten Zone die Thäler in der Regel mit Massen von Schnee und Eis erfüllt, welche so bedeutend sind, daß sie selbst in den heißesten Sommern nicht zum vollständigen Schmelzen kommen. Solche Ausfüllungen

*) Temperaturgrade sind immer nach Celsius angegeben, der 100° vom Eispunkt bis zum Siedepunkt rechnet. Daher 5° Celsius = 4° Reaumur.

der Thäler mit Eis und Schnee sind die Gletscher. Der Schnee und das Eis, welche in der warmen Jahreszeit in und auf diesen Gletschern schmelzen, werden während des Winters theils durch den aus der Atmosphäre herabfallenden, theils von den mit ewigem Schnee bedeckten Spitzen herabgleitenden Schnee hinlänglich wieder ersetzt. Das Abschmelzen dieser Gletscher findet während der warmen Jahreszeit vorzugsweise auf der Oberfläche, theils durch die Sonne, theils durch warme Winde und Regen statt. Das Eiswasser rieselt auf den Gletschern zusammen und fällt durch Spalten in ihnen bis auf ihre Unterlage, auf die Thalsohle.

Besteht diese Thalsohle aus einer Gebirgsart, welche das Wasser nicht durchläßt, so vereinigen sich alle diese Gewässer zu einem mehr oder weniger großen Bache, der unter dem Gletscher da, wo dieser sich im Thale endigt, zum Vorschein kommt. Solche Gletscherbäche oder Gletscherströme sind, wenn die Gletscher mehrere Meilen weit zwischen den Bergen sich fortziehen, und daher bedeutende Massen Eis schmelzen, oft von ansehnlicher Mächtigkeit. Besteht dagegen die Unterlage des Gletschers aus einer Gebirgsart, welche das Wasser durchläßt, z. B. aus zerklüftetem Kalk, so sinken die Gewässer in diese Klüfte, nehmen einen unterirdischen Lauf und kommen an verschiedenen Stellen in tieferen Gegenden als Quellen zum Vorschein. Daher findet man häufig in den Thälern unterhalb der Gletscher zahlreiche und bedeutende Quellen.

Rühren diese Quellen einzig und allein von dem Eise her, welches auf der Oberfläche des Gletschers in der warmen Jahreszeit schmilzt, so fließen sie nur so lange, als dieses Schmelzen dauert, und versiegen im Winter. Auf diese Weise entstehen daher gleichfalls periodische Quellen. Haben diese Quellen aber noch andere Zuflüsse, welche während des Winters fortdauern, so fließen sie auch in dieser Zeit, wenn auch in verringerter Quantität.

Die Alpen bieten unzählige Beispiele von Quellen dar, welche ihren Ursprung den Gletschern verdanken. So liegen z. B. unmittelbar am nördlichen Abhange des hohen Schutthügels am oberen Grindelwald-Gletscher im Berner Oberland, ganz nahe am Bergelbache, 4 starke Quellen, welche, da sie 40

Fuß tiefer liegen, als das untere Ende des Gletschers, und die niedere Temperatur von 3,0° bis 3,1° haben, ohne Zweifel von Gletscherwasser, das an höheren Punkten unter dem Gletscher in Spalten gedrungen ist, herrühren. So stammen wahrscheinlich auch die zahlreichen Quellen, welche am Fuße des Eigers bei Grindelwald entspringen, von dem unteren Grindelwald-Gletscher oder von anderen benachbarten Gletschern her. Als Beispiel einer periodischen Quelle ist der von Alters her bekannte eiskalte Liebfrauen-Brunnen zu erwähnen, welcher nur 200 Schritte weit von den heißen Leuker Bade-Quellen hervorbricht. Man giebt von dieser Quelle an, daß sie im Frühjahr, wenn vom Lötsch-Gletscher über einen Felsen Wasser herabstürzt, nach drei Tagen aus fünf dicht bei einander liegenden Ausflüssen hervorkommt, und so stark, daß das Wasser eine Mühle treiben könnte. In der Regel geschieht dies im Juni, hängt jedoch von dem früheren oder späteren Eintritte des Sommers ab. Diese Quellen fließen auch um so stärker, je wärmer der Sommer ist. Hört das Wasser auf über jenen Felsen zu stürzen, so verschwinden nach drei Tagen die Quellen, und das geschieht in der Regel Ende August oder Anfang September.

Der Niederschlag von Wasser aus der Atmosphäre ist in Gebirgen viel stärker, als in Thälern und Ebenen, weil mit zunehmender Höhe die Temperatur abnimmt und die aus den Thälern aufsteigende und mit gasförmigem Wasser mehr oder weniger beladene, wärmere Luft durch Berührung mit den kalten Bergflächen einen größeren oder geringeren Theil desselben von sich giebt. Reichen die Gebirge in die Region der Wolken, so werden sie mit den in denselben schon niedergeschlagenen Wassertheilchen benetzt, und um so mehr, als die Wolken durch die Gebirge verhindert werden fortzuziehen und sich an sie anhängen.

Enthalten die Gebirge nur ein dichtes, nicht zerklüftetes Gestein, so fließen die auf ihnen niedergeschlagenen Meteor-Wasser oberflächlich ab und bilden Bäche. Sind hingegen die Kuppen bis zu einer gewissen Tiefe zerklüftet, so dringen die atmosphärischen Wasser in diese Klüfte und fließen so weit herab, als sich die letzteren fortziehen. Kommen sie dann auf eine Unterlage, welche wasserdicht ist, so fließen sie auf dersel-

ben fort, bis sie an irgend einer Stelle am Abhange des Gebirges als Gebirgs-Quellen zum Vorschein kommen. Ist die wasserdichte Unterlage nach einer Seite des Berges hin geneigt, so nehmen diese Gewässer dahin ihren Lauf und es erscheinen dann die Quellen nur an dieser Seite des Bergabhanges. Daher findet man so häufig viele und wasserreiche Quellen an einer Seite des Gebirges, während sie an der entgegengesetzten fehlen. Ziehen sich Spalten durch die Gebirge, in welche sich die oberflächlichen Klüfte münden, so dringen die Gewässer in diese Spalten so tief herab, als die letzteren reichen, oder sich auskeilen. Sind aber die Spalten bis zu einer gewissen Höhe mit wasserdichten Massen, z. B. mit Thon erfüllt, so dringen die Gewässer nur bis dahin, fließen auf dieser Unterlage fort und kommen da als Quellen hervor, wo die Spalten oder ihre Verzweigungen zu Tage ausgehen.

Stehen die Spalten senkrecht und laufen die engen Klüfte im Gestein mit ihnen parallel, ohne durch Querklüfte mit ihnen in Verbindung zu stehen, so können sie nicht mehr Wasser aufnehmen, als auf der Oberfläche des Gebirges, wo die Spalten münden, unmittelbar in sie dringt. Aus solchen Spalten fließen dann nur zur Zeit häufiger nasser Niederschläge aus der Atmosphäre merkliche Quantitäten Wasser aus, und bilden die sogenannten Hungerquellen. Je mehr hingegen die Spalten geneigt sind, desto mehr nehmen sie Wasser aus den engen Klüften auf, sofern die letzteren nicht den Spalten parallel laufen. Die aus solchen Spalten ausfließenden Quellen sind um so wasserreicher, je mehr sich Klüfte einmünden, und fließen selbst bei anhaltend trockener Witterung, wenn auch in verminderter Wassermenge.

Alle diese Verhältnisse nimmt man am deutlichsten beim Bergbau wahr. In Schächten und in Stollen sieht man das Wasser aus den Klüften herabträufeln, wenn sich nicht im Gebirge oder auf demselben eine wasserdichte Schicht befindet, welche das Eindringen der Meteorwasser verhindert. Diesen Fall abgerechnet, hört man überall das Fallen der Tropfen und dies vermehrt sich, je tiefer man kommt, so daß man in den meisten Gruben Pumpwerke unterhalten muß, um diese sogenannten Tagewasser herauszuschaffen. Dieses Tröpfeln zeigt,

wie eng die Klüfte sind, durch welche die Wasser dringen, und macht es begreiflich, daß es sich lange nach dem Aufhören des Regens noch fortsetzen kann, wie man denn auch, namentlich in tiefen Gruben, diese Wasserbewegung bei anhaltend trockenem Wetter, im heißen Sommer wie im Winter, wo Monate lang der Boden gefroren und mit Schnee bedeckt ist, wahrnimmt.

Ziehen sich die Spalten im Gebirge bis unter die mit Sand, Gerölle und Thon bedeckten Thäler fort und ist die Bedeckung mit Dammerde auf dem Gebirgsabhange so bedeutend, daß sie dem Seitendrucke widersteht, so brechen die gespannten Gewässer durch die Bedeckung im Thale, wo der Widerstand am geringsten ist. Die Gewässer höhlen sich einen oder mehrere Kanäle aus und kommen als aufsteigende Quellen zu Tage. Dieses Emporkommen nimmt man häufig an der aufsteigenden Bewegung feiner Sandkörnchen wahr, welche durch das Wasser in die Höhe gerissen werden.

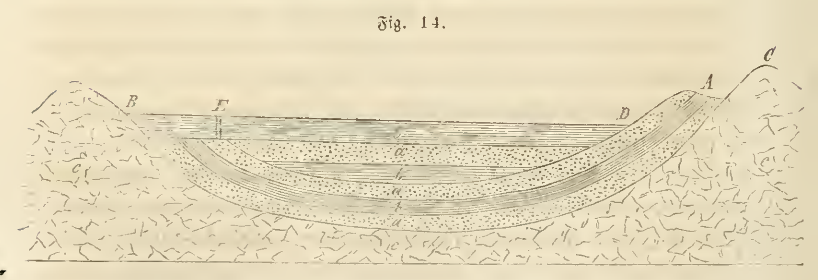
Wenn die Gebirgsquellen nicht tief in das Innere der Berge dringen und, obgleich sie vor ihrem Ausflusse aufsteigen, doch nur aus geringer Tiefe kommen, so haben sie ein Kennzeichen, woran man sie leicht erkennen kann: sie sind nämlich kälter, als benachbarte Brunnen. Kommen solche Quellen aus sehr bedeutenden Höhen, so sind sie nicht bloß sehr kalt, sondern diese Kälte hält, auf weite Strecken abwärts, ziemlich unverändert an. So fand Buch, daß die Temperatur der Quellen auf Teneriffa sich bis über 4000 Fuß Höhe nur wenig verändert, und daß ebenso die Temperatur der Quellen am nördlichen Abhange der ungemein heißen Insel Gran Canaria bis zu 2000 Fuß Höhe nur 16,9° war.

Solche Gebirgsquellen finden sich überhaupt in krystallinischen Gesteinen nicht selten, weil dieselben häufig von mehr oder weniger senkrechten Spalten oder säulenförmigen Absonderungen durchzogen sind und durch diese Spalten die Meteorwasser herabgehen. Daher findet man sie so häufig am Fuße, und doch manchmal auch nicht sehr weit vom Gipfel der Basalt-, Trachyt- und Porphyrberge u. s. w. Ebenso kommen sehr häufig auf der Grenze zwischen geschichteten und ungeschichteten Gesteinen solche Gebirgsquellen vor. Theils sollen sie eine Folge der Spalten sein, welche sich bei der Abkühlung und Zu-

sammenziehung des ehemals heißen Gesteins gebildet haben, theils rühren sie wohl von der Bildung thoniger Massen her, welche an den stärker zerklüfteten und zersetzten Grenzstellen sich gewöhnlich ansammeln, und das Ausfließen des Wassers befördern. So finden sich dergleichen Quellen sehr häufig im Rheinischen Schiefergebirge da, wo Basaltkegel das Gebirge durchbrochen haben.

Quellen, welche aus der Tiefe aufsteigen, gehören in mehrfacher Beziehung zu den merkwürdigsten; nicht allein, weil die Ursache ihres Aufsteigens lange ein Räthsel geblieben ist, sondern auch, weil diese Quellen mit erhöhter Temperatur und häufig mit viel mehr mineralischen Bestandtheilen, als die übrigen Quellen, zu Tage kommen. Die Theorie dieser Quellen so wie der artesischen Brunnen ist kurz, aber anschaulich in dem ersten Bande dieser Briefe dargestellt worden. Sie beruht auf dem Grundsatz, daß eine, zwischen zwei wasserdichten Schichten eingeschlossene, wasserdurchlassende Gesteinslage, sobald sie nach einer Seite ansteigt, auf den anderen tieferen Seiten springende Quellen bildet oder bilden läßt, wenn sie in ihrer höheren Lage hinreichenden Wasserzufluß erhält. Eine Folge dieser, durch Beobachtung festgestellten Thatsachen ist, daß in geschichteten Gesteinen aufsteigende Quellen erst möglich werden, wenn die ursprüngliche horizontale Lage der Schichten durch Hebung gestört ist, und daß im Allgemeinen die wasserreichsten und aus der größten Tiefe aufsteigenden Quellen ungefähr auf der Grenze zwischen den emporgehobenen Massen und den aufgerichteten Flötzschichten hervorkommen.

Fig. 14.



Wirft man einen Blick auf die vorstehende Figur, auf der punktirte Lagen die wasserdurchlassenden, gestrichelte die wasser-

dichten andeuten, so begreift man dieses Verhalten. Die bei A in den einzelnen wasserdurchlassenden Schichten eindringenden Meteorwasser kommen hiernach theils bei E, theils bei B als aufsteigende Quellen zum Vorschein, während ein kleiner Theil bei D als einfache Quellen abfließen kann, sobald die wasserführenden Schichten vollkommen durchtränkt sind. Je näher dabei die Quellen der emporgehobenen krystallinischen Masse bei B liegen, aus desto tieferen Regionen kommen sie, und aus den tiefsten da, wo sie auf der Grenze zwischen ihr und den aufgerichteten Flötzschichten hervortreten. So hat die Quelle bei B auf der Grenze des gehobenen krystallinischen Berges unter allen in dieser Figur möglichen Quellen den tiefsten Ursprung und mithin die höchste Temperatur; dagegen entspringt eine Quelle bei E aus geringerer Tiefe und hat daher eine niedrigere Temperatur.

Beispiele dieser Art lassen sich in großer Zahl anführen. Recht charakteristisch treten sie in den Pyrenäen und in den Alpen hervor. Palassou hat gezeigt, daß nicht nur die vorzüglichsten heißen Quellen in den Pyrenäen im Gebiete des großen Granitbezirks an der östlichen Seite hervorkommen, sondern daß auch alle die anderen nur in Schluchten des jüngeren Gebirges auftreten, in welchen der Granit an der Basis der Abhänge aus der Tiefe hervortaucht. Er glaubt sogar, daß sich die Höhe der Temperatur dieser Quellen nach der verschiedenen Offenheit des Ursprungs richtet, indem die der Hauptgranitmasse näher liegenden Thermen wärmer, die ihr am fernsten liegenden kälter seien. Ueber die warmen Quellen der penninischen Alpen bemerkt Backewell, daß, nach seinen Beobachtungen, die Austrittsorte aller theils im krystallinischen Gebirge der Centralkette selbst, theils, und zwar am häufigsten, am Rande derselben, an der Grenze der ungeschichteten und geschichteten Formationen liegen.

Die Mineralquellen in der Umgegend von Marienbad, deren Zahl in einem Umfange von 3/4 Stunden bis auf 123 steigt, ohne der zahlreichen Gasquellen zu gedenken, brechen da, wo ein Wechsel von krystallinischen Gebirgsgesteinen zu Tage tritt, auf einem Spaltensysteme längs der Grenze des Granits mit dem Gneuße und Hornblendeschiefer an den tiefsten

Thalpunkten hervor. Walchner hat gezeigt, wie die zu Baden, Rothenfels, Herrenalb, Wildbad und Liebenzell vereinzelt am nördlichen Rande des Schwarzwaldes aus der großen Sandsteinbildung hervortretenden Granitmassen auf beinah gleicher geographischer Breite liegen, und wie das Aufsteigen warmer Quellen im Grunde der Thäler damit in Verbindung steht. Diese Thäler erscheinen als charakteristische Spaltenthäler. Die Kräfte, welche diese Spalten aufgesprengt und die Granitkeile durch dieselben herausgetrieben haben, verursachten auch die tief in's Innere der Erde niedergehenden Klüfte, aus welchen die warmen Quellen an den Tag treten. In der Verlängerung jener Linie gegen Ost trifft man auf das Thal von Stuttgart und auf Cannstadt mit seinen zahlreichen warmen Quellen. Walchner ist daher der Ansicht, daß die Aufrichtung der Schichten in jenem Thale gleichfalls eine Folge des Aufsteigens einer hier nur nicht zu Tage gekommenen Granitmasse sei.

Selbst in Gegenden, wo keine krystallinischen Massen durchgebrochen sind, sondern wo die inneren Bewegungen bloß die Flötzformationen gehoben und zerrissen haben, finden sich aufsteigende Quellen. Und da solche Hebungen und Zerberstungen sich bis auf die jüngsten Formationen erstrecken, so finden wir selbst in diesen noch aufsteigende Quellen. Hoffmann hat im nordwestlichen Deutschland eigenthümliche Thäler nachgewiesen, welche ursprünglich vollkommen geschlossen, von allen Seiten durch steile Abhänge umgeben werden, deren Schichten, von ihrem Mittelpunkte abwärts gekehrt, nach allen Richtungen sich neigen. Er hat diese Thäler Erhebungsthäler genannt. Die ausgezeichnetsten sind die von Pyrmont, Meinberg und Driburg, in denen die bekannten Sauerquellen entspringen.

Die geschichteten Gesteine des Taunus zeigen nach Stifft in der Nähe der aufsteigenden Mineralquellen wesentliche Veränderungen im Steigen und Fallen, besonders sattelförmige Erhebungen, oft von Zerreißungen begleitet. Gewiß ist es aber, daß diese Veränderungen nicht von den Mineralquellen, oder von den sie begleitenden Kohlensäure-Entwickelungen herrühren, sondern umgekehrt, daß da, wo frühere Hebungen stattfanden, gleichviel ob plutonische Massen durchbrachen oder nicht, das Eindringen der Meteorwasser in das Innere des Gebirges möglich

wurde, und daß durch Aufrichten und Zerreißen der Schichten natürliche hydraulische Röhren entstanden, in welchen sich die Wasser bewegen und aufsteigende Quellen bilden konnten.

Da Schichtung der Gebirge immer vorausgesetzt wird, um die Entstehung aufsteigender Quellen zu erklären, so scheinen in ungeschichteten Gebirgen keine solchen Quellen möglich zu sein. Mehrere hierher gehörige Gebirgsarten, wie Granit, Porphyr, Trachyt und Basalt zeigen jedoch eine ziemlich regelmäßige, parallelopipedische, prismatische oder säulenförmige Absonderung. Die durch dieselbe gebildeten Spalten stehen meist mehr oder weniger senkrecht, und die Säulen sind bisweilen durch Querklüfte abgetheilt, welche fast horizontal verlaufen. Diese Querklüfte vertreten dann die Stelle der Schichtungsflächen. Unter solchen Umständen ist die Möglichkeit zu begreifen, wie auch in ungeschichteten Gebirgen aufsteigende Quellen vorkommen und auch in ihnen artesische Brunnen erbohrt werden können. So hat man zu Aberdeen in Schottland in 180 Fuß Tiefe im Granit eine Quelle erbohrt, welche bis 6 Fuß über den Boden steigt. Sie kommt aus einer mit Sand und Kies erfüllten Spalte. Ebenso hat man zu Wildbad am Schwarzwald durch 5 Bohrlöcher im Granit Wasser von 36° bis 37°,5 Wärme in ungefähr 60 Fuß Tiefe erbohrt.

Die unzähligen eisenhaltigen Säuerlinge in den Umgebungen des Laacher-Sees finden sich stets in Thälern, wo sie manchmal unmittelbar aus Spalten des Thonschiefers und der Grauwacke, häufiger jedoch aus Ablagerungen von Traß, Thon u. s. w. hervorkommen. Es mag sein, daß manche von ihnen in Basalten und anderen vulkanischen Gesteinen ihren Ursprung haben, von anderen ist es aber gewiß, daß sie aus dem Thonschiefer oder der Grauwacke kommen. Die meisten dieser Säuerlinge haben eine, die mittlere Temperatur nur wenig, etwa 1° bis 1,5° übersteigende Wärme und können daher keinen sehr tiefen Ursprung haben. Meist mögen sie eigentliche Gebirgsquellen sein, welche aber tief in die Masse der Gebirgsabhänge eindringen und dadurch eine höhere Temperatur erlangen. In diesem Falle brauchen sie da, wo sie zu Tage treten, aus einer nur geringen Tiefe aufzusteigen; vielleicht dringen sie nur durch die Anschwemmungen im Thale.

Fassen wir alles über die aufsteigenden Quellen Gesagte zusammen, so ergeben sich folgende Resultate:

1. Aufsteigende Quellen sind nicht möglich, so lange die geschichteten Gebirge in ihrer ursprünglichen Horizontalität beharren;

2. sie entstehen aber, wenn durch Hebungen diese ursprüngliche Horinzontalität gestört wird, sei es, daß plutonische Massen durchbrechen oder nur die Schichten aufgerichtet und zerrissen werden;

3. die günstigsten Punkte für das Hervorkommen der aufsteigenden Quellen finden sich an den Grenzen zwischen geschichteten und ungeschichteten Gesteinen;

4. je häufiger der Wechsel zwischen wasserdurchlassenden und wasserdichten Schichten ist, desto leichter können aufsteigende Quellen entstehen oder erbohrt werden;

5. aber auch selbst im Thonschiefergebirge, wo kein solcher Wechsel stattfindet, trifft man aufsteigende Quellen an, oder sie können darin erbohrt werden, wenn hinreichende Spalten darin vorhanden sind;

6. in den ungeschichteten Gesteinen müssen aufsteigende Quellen als Seltenheiten betrachtet werden; die mehr oder weniger senkrechten Spalten in ihnen enthalten aber manchmal die drückenden Wassersäulen aufsteigender Quellen, welche außerhalb dieser Gebirge zum Vorschein kommen.

Umgekehrt können endlich auch Meteorwasser, welche in wasserdurchlassende Schichten oder in Schichtungsflächen gedrungen sind, theils auf der Grenze zwischen diesen Schichten und durchgebrochenen plutonischen Massen, theils aus Spalten in den letzteren selbst als aufsteigende Quellen zum Vorschein kommen.

Damit wäre denn das Wichtigste erörtert, was wir bisher über den Verlauf des Gewässers auf und in dem Gestein des Festlandes erfahren haben, und wenn wir hiermit das Kapitel über die Bewegung desselben abschließen, so müssen wir uns nun zu den Temperatur-Verhältnissen und sodann zu der Zusammensetzung der Quellen wenden.

Sechszehnter Brief.

Temperatur der Quellen im Allgemeinen.

Die Temperatur-Verhältnisse der Quellen lassen sich nicht verstehen, wenn man sich vorher nicht die Temperatur-Zustände der obersten Erdkruste klar gemacht hat. Die letzteren sind abhängig von der Temperatur, und dem Wechsel derselben, in den unteren Schichten unserer Atmosphäre. Es ist bekannt, daß dieser Wechsel sich nach den Tages- und Jahreszeiten richtet. In der Regel tritt das Minimum der täglichen Temperatur-Veränderung bei Sonnenaufgang und das Maximum einige Stunden nach der Culmination der Sonne ein. Wird die Temperatur der Luft zu verschiedenen Zeiten des Tages und der Nacht beobachtet, und das Mittel aus diesen Beobachtungen gezogen, so erhält man die mittlere Temperatur des Tages und der Nacht. Werden diese Beobachtungen ein Jahr lang fortgesetzt, und wird aus den täglichen Mitteln wieder ein Mittel gezogen, so erhält man das jährliche Mittel.

Die Temperatur der obersten Erdkruste nimmt an allen Veränderungen Antheil, welche in der Temperatur der Atmosphäre vor sich gehen. Da aber die Erdkruste aus schlechten Wärmeleitern besteht, so können ihre Temperatur-Veränderungen nicht gleichen Schritt mit denen der Atmosphäre halten. Das Maximum und Minimum der Temperatur wird daher stets später als in der Atmosphäre eintreten. Schnell vorübergehende Aenderungen in der Atmosphäre werden keinen merklichen Einfluß auf die Erdkruste äußern. Da endlich die täglichen Temperatur-Veränderungen in der Atmosphäre viel schneller auf einander folgen, als sich diese Veränderungen in der Erdkruste fortsetzen, so können sie nur bis zu einer gewissen Tiefe reichen, und über diese hinaus nicht mehr merklich sein.

Diese Tiefe kann nicht an allen Orten unserer Erde dieselbe sein, denn sie richtet sich einerseits nach den Variationen in der Luft-Temperatur, andererseits nach der Fähigkeit die Wärme in die Tiefe zu leiten, welche bei verschiedenen Erd-

und Gesteinsschichten verschieden ist. Je größer der Wechsel in der Temperatur an einem Orte ist, desto tiefer, und umgekehrt je weniger sich die Temperatur an einem Orte ändert, desto weniger tief dringen die Nachwirkungen in den Erdboden ein. Da nun der Wechsel um so geringer ist, je näher die Orte dem Aequator liegen oder je höher sie sich über dem Meere befinden, so nimmt die Tiefe, bis zu welcher die äußeren Temperatur-Veränderungen dringen, um so mehr ab, je mehr man sich dem Aequator nähert, oder je mehr man sich von der Meeresoberfläche entfernt.

An manchen Orten der Erde haben die jährlichen Temperatur-Veränderungen einen ganz außerordentlichen Umfang. So fiel z. B. die Temperatur auf der Hochfläche des Ust-Urt, zwischen dem Caspischen Meere und dem Aral-See, während der russischen Expedition gegen Chiwa im Winter auf — 43°, während sie im folgenden Juni auf + 46° stieg. Innerhalb weniger Monate trat daher in dieser Gegend ein Temperatur-Wechsel von 89° nach Celsius oder 71°,5 Reaumur ein.

Nach genauen Beobachtungen, welche Bischof in einem Schachte bei Bonn über die Abnahme des atmosphärischen Einflusses auf die Temperatur des Erdbodens angestellt hat, ergeben sich Resultate, welche fast ganz mit denjenigen übereinstimmen, die man durch Rechnung als wahrscheinlich vorherbestimmen kann.

	Jährliche Unterschiede zwischen Maximum und Minimum. Beobachtet.	Berechnet.
In 6 Fuß Tiefe	12°,375	12°,375
„ 12 „ „	8°,125	8°,087
„ 18 „ „	4°,875	4°,962
„ 24 „ „	2°,750	2°,862
„ 30 „ „	1°,562	1°,567
„ 36 „ „	0°,812	0°,812

Quetelet berechnet aus Untersuchungen, die er zu Brüssel angestellt hat, und nach fremden Beobachtungen von Edinburg, Upsala, Zürich, Straßburg und Paris, daß in 69 Fuß Tiefe die größten jährlichen Temperaturdifferenzen nur 0°,01 betragen.

Aus den Beobachtungen von Bischof ergiebt sich ferner, daß in den angegebenen Tiefen das Maximum und Minimum der Temperatur auf folgende Monatstage fällt:

	Maximum.	Minimum.
In 6 Fuß Tiefe	11.—20. Aug.	11.—20. Febr.
„ 12 „ „	18.—19. Sptbr.	18.—19. März
„ 18 „ „	18.—19. Octbr.	18.—19. April
„ 24 „ „	15.—18. Novbr.	15.—18. Mai
„ 30 „ „	13.—18. Decbr.	13.—18. Juni
„ 36 „ „	7.—11. Jan.	7.—11. Juli.

Man sieht aus vorstehender Tabelle, daß die Zeit, welche zwischen dem Eintritte je zweier Maxima oder Minima in 6 Fuß von einander abstehenden Tiefen verfließt, nahe einen Monat beträgt. Ein so langer Zeitraum ist erforderlich, ehe die äußeren Temperatur-Veränderungen durch eine Schicht Sand, womit der Schacht ausgefüllt war, hindurchdringen. Ehe die äußeren Veränderungen daher bis zu einer Tiefe von 36 Fuß vorschreiten, muß ungefähr ein halbes Jahr verstreichen. Dort ist es also um die Zeit am wärmsten, wo es an der Oberfläche am kältesten ist, und umgekehrt. In dieser Tiefe liegt in unsern Breiten der Sommer im Januar, der Winter im Juli, aber Sommer und Winter differiren nur um 0°,812.

Eben so zeigen Temperatur-Beobachtungen, welche in verschiedenen Höhen angestellt worden, daß die äußeren Temperatur-Veränderungen um so weniger tief eindringen, je mehr man sich über die Meeresfläche erhebt. So fand sich der größte jährliche Temperatur-Unterschied bei Bonn in 4 Fuß Tiefe 10°,625, während er auf der 1200 Fuß höher gelegenen Löwenburg im Siebengebirge nur 8°,71 betrug. Die Tiefe, in welcher die äußeren Temperatur-Einflüsse verschwinden, ist also auf den Bergen geringer als in den Thälern und Ebenen. In einer noch größeren Höhe, die sehr nahe mit der sogenannten Schneegrenze zusammenfällt, verschwinden die Temperatur-Veränderungen fast gänzlich.

Aus den angeführten Beobachtungen ergiebt sich nun, daß die mittlere Temperatur der Erdkruste wenige Fuß unter der Erdoberfläche gleich sein muß der mittleren Luft-Temperatur an

demselben Orte. Da nun, wie wir gesehen haben, eine große Anzahl täglicher, wenigstens ein ganzes Jahr fortgesetzter Thermometer-Beobachtungen erforderlich ist, um die mittlere Luft-Temperatur eines Ortes zu ermitteln, so ist es klar, daß dieses Mittel durch eine viel geringere Zahl von Beobachtungen der Boden-Temperatur gefunden werden kann. Werden diese Beobachtungen nur in einer Tiefe von 3 bis 4 Fuß angestellt, so ist es schon nicht mehr nöthig mehr als eine Beobachtung des Tages zu machen, da schon in einer solchen mäßigen Tiefe die täglichen Veränderungen der Luft-Temperatur verschwinden. Es ist sogar hinreichend, wöchentlich eine einzige Beobachtung anzustellen, um aus dem Mittel solcher ein ganzes Jahr fortgesetzter Beobachtungen die mittlere Temperatur des Ortes zu bestimmen. Da indeß ansehnliche Verschiedenheiten in der Temperatur verschiedener Jahre, sehr heiße Sommer oder sehr kalte Winter, ungleiche Mittel geben, so wird die mittlere Temperatur eines Ortes um so genauer gefunden, je größer die Zahl der Beobachtungsjahre ist.

Die Wasser, welche, theils von benachbarten Flüssen, theils von Seen, theils unmittelbar von der Atmosphäre herrührend, in der obersten Erdschicht sich bewegen, innerhalb welcher noch die äußeren Temperatur-Veränderungen wahrgenommen werden, nehmen auch an den Veränderungen der Temperatur in dieser Erdschicht mehr oder weniger Antheil. Wir haben demnächst die Temperatur-Verhältnisse dieser Wasser, aus welchen die Quellen entstehen, näher zu untersuchen. Lassen Sie uns jedoch noch einige allgemeine Betrachtungen über die Temperatur der Quellen voranschicken.

So wie die jährlichen Temperatur-Veränderungen des Bodens, selbst in ganz geringer Tiefe, einen viel geringeren Umfang haben, als die der Luft, so ist es auch bei den Quellen. Dieser Umfang oder der Unterschied zwischen Maximum und Minimum der jährlichen Temperatur ist um so größer, je geringer die Tiefe ist, in welcher die Gewässer sich bewegen, je mehr daher diese Tiefe zunimmt, desto geringer wird diese Differenz und verschwindet endlich in denjenigen Quellen gänzlich, welche wir Thermen nennen.

Das jährliche Steigen und Fallen der Temperatur einer

Quelle ist, nach den bisherigen Beobachtungen, sehr regelmäßig. Vom Minimum bis zum Maximum verfließen genau 6 Monate. Nach allen bisherigen Beobachtungen ist der April die späteste Zeit des eintretenden Minimums, und der October des Maximums für die Temperatur einer Quelle. Die mittlere Temperatur zeigt eine Quelle genau 3 Monate nach dem Eintritt der Extreme. Hat man daher die Zeit des Eintrittes für eines von denselben beobachtet, so reicht eine einzige Beobachtung 3 Monate später hin, die mittlere Temperatur sehr nahe kennen zu lernen.

Aus allem diesem ersieht man, daß das Thermometer ein vortreffliches Hülfsmittel bietet, um auf die relativen Tiefen, in welchen die Quellen ihren Ursprung nehmen, zu schließen. Eintritt von Maximum und Minimum, Unterschied zwischen beiden, mittlere Temperatur reichen in den meisten Fällen dazu vollkommen aus.

Dringen die Wasser eines Flusses seitwärts durch die wasserdurchlassenden Schichten seines Ufers, so nehmen sie, welches auch ihre ursprüngliche Temperatur gewesen sein mag, nach und nach diejenige an, welche zu einer gewissen Zeit in diesen Schichten herrscht. Ist die Temperatur derselben zu verschiedenen Zeiten des Jahres veränderlich, so ist auch die Temperatur der Wasser, welche durch dieselben dringen, nicht constant, und diese Veränderungen haben denselben Umfang, wie die, welche in jenen Schichten stattfinden. Je größer daher die Tiefe ist, in welcher die Wasser sich bewegen, desto geringer werden die Unterschiede der Temperatur sein, welche bei ihnen sichtbar werden.

Es ergiebt sich hieraus, daß Senkbrunnen in einem Flußthale, z. B. im Rheinthale bei Bonn, deren Wasserspiegel 36 Fuß unter der Oberfläche steht, während des ganzen Jahres ihre Temperatur wenig oder gar nicht verändern werden. So fand sich der Umfang der jährlichen Temperatur-Veränderungen in dem 58 Fuß tiefen Brunnen des chemischen Laboratoriums bei Bonn nur 0°,75. Dieser Umfang würde gewiß noch viel geringer gewesen sein, wenn der directe Einfluß der äußeren Luft-Temperatur auf das Wasser im Brunnen hätte beseitigt werden können. Das ist jedoch, selbst wenn die Brunnen be-

deckt sind, nicht möglich, denn während der kalten Jahreszeit sinkt die äußere kalte und daher schwere Luft in dieselben hinab und erkältet das Wasser. Erwärmende Einflüsse machen sich nie geltend, denn die äußere warme und daher leichtere Luft des Sommers kommt mit dem Wasser nicht in Berührung. Der Umfang der jährlichen Temperatur-Veränderungen solcher offenen Brunnen ist daher größer, als er nach ihrer Tiefe sein sollte, und ihre mittlere Temperatur steht niedriger als die Erdschicht, aus der sie kommen. Und diese Unterschiede sind um so größer, je weniger solche Brunnen im Gebrauch stehen, denn je mehr sie benutzt werden, desto mehr wird das erkältete Wasser aus ihnen fortgeschafft und neues, noch nicht abgekühltes, nachzutreten gezwungen.

Wir haben gesehen: je tiefer die Brunnen, desto geringer ist der Umfang ihrer jährlichen Temperatur-Veränderungen, und fügen hinzu: desto größer ist ihre mittlere Temperatur. Die Vergleichung der Tiefe, des Umfangs der jährlichen Temperatur-Veränderungen und der mittleren Temperatur bei drei genau beobachteten Senkbrunnen ergab folgende Resultate:

Tiefe des Brunnens zu	Jährliche Temperatur-Veränderung.	Mittlere Temperatur.
Düsseldorf 25 Fuß	3°,350	9°,812
Cöln 49 Fuß	0°,912	10°,200
Bonn 58 Fuß	0°,750	10°,678

Wenn, nach dem Obigen, in unsern Breiten die jährlichen Temperatur-Veränderungen der Luft ihren merklichen Einfluß nur bis zu einer Tiefe von ungefähr 60 Fuß äußern, so sollte man glauben, daß die mittlere Temperatur in allen Theilen dieser Kruste dieselbe sein müßte. Da dieses aber nicht der Fall ist, da selbst mit sehr geringer Zunahme der Tiefe der Brunnen schon eine merkliche Zunahme der mittleren Temperatur verknüpft ist, so führt das zu der Vermuthung, daß auch die äußerste Erdrinde, außer den atmosphärischen Temperatur-Einflüssen, noch anderen unterworfen sein müsse, deren Sitz nur in der Tiefe sein kann. Wir werden daher zu der unbestreitbaren Thatsache hingeführt, daß in der Tiefe der Erde eine Wärmequelle vorhanden ist, deren Wirkungen sich noch ganz nahe unter der Oberfläche äußern.

Wenn das Bett der Bäche und Flüsse zerklüftet ist, die Gewässer aber nicht tief in dasselbe eindringen und nur einen kurzen unterirdischen Lauf haben, so zeigen Quellen von solchem Ursprung noch mehr oder weniger die veränderliche Temperatur jener Flüsse. Wenn hingegen jene Gewässer tief in das zerklüftete Gebirge eindringen und einen weiten unterirdischen Lauf haben, so zeigen die von ihnen ausgehenden Quellen entweder nur geringe jährliche Temperatur-Veränderungen oder gar eine constante Temperatur.

Unter den zahlreichen Quellen in Paderborn haben schon diejenigen eine constante Wärme, welche die Temperatur von 10°,312 erreichen, und damit die dortige mittlere Luft-Temperatur um etwa 0°,937 übertreffen. Dasselbe scheint bei den Quellen von Geseke der Fall zu sein. So unbezweifelt es nun ist, daß diese Quellen von der jenseits des rückenförmigen Haard-Gebirges fließenden Alme herrühren, so ist doch nicht anzunehmen, daß die Gewässer dieses Flusses in geschlossenen unterirdischen Kanälen fließen. Denn im Sommer zeigt sich die Temperatur des Flußwassers, da, wo es in bedeutenden Mengen versinkt, um Vieles höher, als die offenbar von ihm gespeisten Quellen. Wie wäre es aber möglich, daß so bedeutende Wassermengen eine so große Temperatur-Veränderung erleiden könnten, wenn sie in einem oder mehreren geschlossenen, unterirdischen Kanälen blieben, da in gerader Richtung die Entfernung zwischen Fluß und Quellen nur ungefähr eine Meile beträgt? Bäche, von nur einiger Mächtigkeit, deren Temperatur um mehrere Grade von der der Luft abweicht, können einen langen Lauf machen, ohne sich in ihrer ursprünglichen Temperatur merklich zu verändern.

Wenn daher wasserreiche Quellen aus sehr zerklüftetem Gebirge kommen und entweder eine sehr geringe jährliche Temperatur-Veränderung zeigen, oder schon bei geringer Erhöhung über die mittlere Temperatur eine constante Wärme besitzen, so müssen diese von großen unterirdischen Wassersammlungen herrühren. Finden sich hingegen in der Nähe eines zerklüfteten Gebirges aufsteigende Quellen, welche, obgleich ihre mittlere Temperatur die des Ortes um 2° und noch mehr übertrifft, dennoch keine constante Wärme haben, so kann man mit Sicher-

heit schließen, daß sie nicht von unterirdischen Wassersammlungen herrühren, sondern in mehr oder weniger geschlossenen Kanälen sich bewegen. Um so mehr wird man zu diesem Schlusse berechtigt, wenn in geringen Entfernungen von einander Quellen von verschiedener Temperatur und von verschiedener Zusammensetzung entspringen.

Die Temperatur der Meteorwasser, namentlich des aus größeren Höhen herabfallenden Regens, Schnees und Hagels, ist gewöhnlich etwas niedriger, als die der untersten Schichten der Luft. Wie aber auch ihre Temperatur sein mag, so wird sie sich doch, wenn diese Wasser in die Erdkruste dringen, mit der der durchdrungenen Schichten allmälig ausgleichen, und diese Ausgleichung wird um so vollständiger sein, je tiefer sie in dieselben eindringen. Das mehr oder weniger tiefe Eindringen der Meteorwasser hängt allein von der Dicke der wasserdurchlassenden Schichten ab.

Die Voraussetzung, daß während des ganzen Jahres die an irgend einem Orte niedergehenden Meteorwasser stets kälter seien als die Luft, findet aber wohl nirgends statt. Denn wenn auch das Regenwasser bei beginnender Regenzeit eine niedrigere Temperatur als die Luft hat, so wird es doch bald die letztere abkühlen, und diese Abkühlung wird so lange fortdauern, bis das Wasser und die Luft gleiche Temperatur haben. Wenn daher auch das kältere Regenwasser die Erdkruste, in welche es dringt, früher abkühlt als die Luft, so wird doch nach einiger Zeit diese Abkühlung ganz gleich werden. Dazu kommt, daß auch manchmal der umgekehrte Fall eintritt, daß das Regenwasser wärmer als die Luft und die Erdkruste ist, ein Fall, der bei uns vorzugsweise gegen Ende des Winters beim Thauwetter eintritt, wo bei herrschenden südlichen Winden das Regenwasser oft mehrere Grade über Null warm ist, während die Luft und der Boden noch bis zu mehreren Graden unter Null erkältet sind.

Nach diesen Betrachtungen kann man mit der größten Wahrscheinlichkeit, ja mit Gewißheit annehmen, daß die Meteorwasser, welche in die Erdkruste eindringen, dieselbe weder merklich erkälten noch erwärmen. Die Temperatur, welche sie annehmen, wenn sie bis zu einer gewissen Tiefe gedrungen sind,

wird daher um keine merkliche Größe verschieden sein von der, welche der umgebende Boden zeigen würde, wenn die Meteorwasser gar nicht in ihn eingedrungen wären.

Die Meteorwasser, welche nach und nach durch die Erdkruste bis zu irgend einer Tiefe dringen, durchfließen auf ihrem Wege Schichten von ungleicher Temperatur und müssen deshalb in jedem Punkte ihres Weges ihre Temperatur ändern, und dies um so mehr, je feiner zertheilt sie durch die Kruste dringen. Dies wird besonders der Fall sein, wenn die Erdkruste aus Sand und Gerölle besteht, durch welche die Wasser sehr langsam filtriren. Geringer werden die Temperatur-Veränderungen sein, welche die eindringenden Wasser erleiden, oder weniger vollkommen werden sie die Temperatur der durchflossenen Schichten annehmen, wenn die Erdkruste aus zerklüftetem Gestein, z. B. aus zerklüftetem Kalk besteht. Die Temperatur-Verhältnisse zwischen einem Brunnen, welcher sein Wasser von einem benachbarten Flusse erhält, und einem anderen, der durch die in die Erde eindringenden Meteorwasser genährt wird, sind nahe dieselben. Es findet nur der Unterschied statt, daß die Wasser eines Flusses seitwärts, die hingegen, welche aus der Atmosphäre niedergehen, senkrecht durch die Erdschichten dringen, beide bringen aber die nach den Jahreszeiten veränderliche Temperatur in die Erdkruste.

Man sollte erwarten, daß die Temperatur der Gletscherbäche, da sie aus schmelzendem Eis und Schnee entstehen, 0° sei; dem ist jedoch nicht also. Die Temperatur der Gletscherbäche unmittelbar an ihrem Austritt aus dem Gletscher zeigt 0°,25 bis 2°,00 über Null. Eine Temperatur, die nur dadurch zu erklären ist, daß die Gletscherbäche schon mehr oder weniger lange unter dem Eise auf dem Boden fortgeflossen sind und an dessen höherer Temperatur etwas Theil genommen haben, ehe sie das Ende des Gletschers erreichen. Da also selbst die Gletscherbäche nie 0° zu erreichen scheinen, so ist noch weniger zu erwarten, daß die daraus entspringenden Quellen diese Temperatur erreichen werden. Denn so wie die Gletscherwasser in den Boden dringen und an tiefer gelegenen Stellen wieder zum Vorschein kommen, so durchlaufen sie Schichten, deren Temperatur mehr oder weniger über Null ist, und erwärmen sich daher.

Selbst die in unmittelbarer Nähe der Gletscher entspringenden Quellen, die nachweisbar von Gletscherwassern herrühren, haben doch immer noch einige Grade über Null. Die niedrigste bis jetzt beobachtete Temperatur der Quellen in diesen Regionen ist 2°,50.

Findet der früher bemerkte Fall statt, daß die Unterlage des Gletschers aus einer zerklüfteten Gebirgsart besteht, in welche die Wasser bis zu einer mehr oder weniger bedeutenden Tiefe dringen, so werden sie sich nach Verhältniß der Tiefe, bis zu welcher sie gedrungen sind, erwärmen und mit ihrer erhöhten Temperatur als Quellen da zum Vorschein kommen, wo irgend eine wasserdichte Schicht, welche unter dem zerklüfteten Gesteine sich befindet, zu Tage tritt. Es ist schon oben berührt worden, daß hier ähnliche Verhältnisse sich zeigen können, wie da, wo Bäche und Flüsse in zerklüftetem Gebirge versinken und als Quellen an tiefer gelegenen Punkten zum Vorschein kommen.

Alles, was von Quellen gilt, die aus Gletschern ihren Ursprung nehmen, gilt auch von solchen, die von hochgelegenen Gebirgsseen herrühren. Wenn die Seen nicht gar zu hoch über der Meeresfläche liegen, oder wenn sie nicht durch den Zufluß sehr kalter Gletscherbäche erkältet werden, so haben sie auf dem Grunde eine Temperatur von ungefähr 4°,0. Mit dieser Temperatur versinken also die Gewässer. Gelangen sie durch das zerklüftete Gestein in die Tiefe, so werden sie sich, je nachdem sie mehr oder weniger tief eindringen, auch mehr oder weniger erwärmen und mit höherer Temperatur zum Vorschein kommen. Wir haben oben schon das Beispiel von den Quellen der Spital-Matte unter dem Dauben-See erwähnt.

Da die Temperatur auf unserer Erdoberfläche mit zunehmender Höhe abnimmt, so müssen in der Regel die Quellen um so kälter sein, je höher sie ihren Ursprung nehmen. Geschieht es indeß, daß sie auf Höhen aus Meteorwasser sich bilden und in sehr dünnen Adern durch wasserdurchlassende Schichten oder durch sehr enge Spalten herabfließen, so können sie, unerachtet ihres hohen Ursprungs, doch mit einer Temperatur an tieferen Stellen zu Tage kommen, die wenig von der Temperatur des Bodens, aus dem sie hervorspringen, verschieden ist. Wenn hingegen die auf der Höhe gebildeten Quellen einen ge-

wissen Wasserreichthum erlangt haben und damit durch weitere Spalten schnell herabfließen, so haben sie, während sie wärmere Schichten durchströmen, keine Zeit sich zu erwärmen und kommen daher fast mit ihrer ursprünglichen Temperatur an tieferen Stellen zum Vorschein.

Die merkwürdigsten Beispiele dieser Art bieten nach Buch die Quellen auf Teneriffa dar, deren Temperatur sich bis über 4000 Fuß Höhe nicht sehr verändert, und eben so die Quellen am nördlichen Abhange von Gran Canaria, deren Temperatur bis zu 2000 Fuß Höhe 16°,875 ist. Diese Quellen, welche von bedeutenden Höhen herabkommen, bringen also Kälte von oben mit und behaupten in ihrem schnellen unterirdischen Laufe selbst bei Höhen-Unterschieden von mehreren tausend Fuß gleiche oder nahe gleiche Temperatur. Derselbe Beobachter fand am 29. August die Temperatur einer Quelle bei St. Cesareo, unweit Palestrina bei Rom, 11°,875, während dort die mittlere Luft-Temperatur 16°,00 ist. Jene niedrige Temperatur rührt ohne Zweifel von den benachbarten Apenninen her, welche sich unmittelbar neben der Quelle zu 2 bis 3000 Fuß Höhe erheben. Auch soll sich eine große Zahl von Quellen in dem tief eingeschnittenen Teverone-Thal, zwischen Tivoli und Subiaco, durch eine auffallend niedrige Temperatur auszeichnen, welche durchschnittlich nur 8°,75 bis 11°,25 beträgt.

Humboldt hat schon viel früher auf diese Erscheinung aufmerksam gemacht. So führt er mehrere Quellen in den Gebirgen von Cumana und Carracas an, deren Temperatur viel niedriger ist, als man nach der Lage ihres Hervorbrechens vermuthen sollte. Aehnliche Erscheinungen zeigen die auf Jamaica beobachteten Quellen-Temperaturen. Humboldt vermuthet, daß die dort in 4000 Fuß Höhe entspringende Quelle ihre große Kälte wahrscheinlich von dem benachbarten 7000 Fuß hohen Gipfel erhalte. Beispiele dieser Art, wie schon oben der kalten periodischen Quelle von Leuk erwähnt wurde, ließen sich noch viele beibringen.

Diese Erscheinung ist für die Bewohner wärmerer Klimate von großem Nutzen, weil dergleichen Gebirgs-Quellen ihnen kalte Getränke liefern, welche sie sonst entbehren müßten. In Gegenden, wo die mittlere Temperatur 20° und noch mehr ist,

und wo die gewöhnlichen Quellen und Brunnen dieselbe Temperatur besitzen, ist es gewiß von Wichtigkeit, Gebirgsquellen zu haben, deren Temperatur mehrere Grad niedriger als die jener Brunnen ist. Daß sich diese Erscheinung selbst auf Gebirgen von sehr mäßiger Höhe zeigt, haben Beobachtungen im Siebengebirge bei Bonn dargethan.

Man sieht aus den angeführten Beispielen, daß eine sehr gesetzmäßige Beziehung zwischen der Temperatur der Quellen und der Höhe ihres Ursprungs vorhanden ist, und daß diese Gesetzmäßigkeit sich selbst in wenig hohen Gebirgen erkennen läßt. Stets kann man also aus der niedern Temperatur einer Quelle auf ihren Ursprung in der Höhe, und umgekehrt aus der Art ihres Hervorkommens, z. B. aus dem Herabfließen aus einer Felsenspalte, auf ihre niedere Temperatur schließen. Daher bietet das Thermometer auch das Mittel in gebirgigen Gegenden sich über den unterirdischen Lauf der Gewässer zu belehren.

Bei manchen Gebirgsquellen zeigt sich aber auch das Entgegengesetzte jener Erscheinungen. Man findet Quellen, die augenscheinlich von der Höhe herabkommen und nicht nur keine niedrigere, sondern sogar eine höhere mittlere Temperatur haben, als die des Ortes ist, an dem sie hervorkommen. Ein sehr auffallendes Beispiel dieser Art zeigt die nachfolgend beschriebene Quelle im Siebengebirge.

Auf dem Wege von Röhndorf nach der Löwenburg, ganz nahe an jenem Orte und ungefähr 28 Fuß über dem Rhein, findet sich nämlich eine Quelle in einer Grotte, die aus einer Felsspalte ausfließt und die nach aller Wahrscheinlichkeit von oben herabkommt. Gleichwohl übertrifft ihre mittlere Temperatur (10°,75) die aller übrigen im Rheinthale vorkommenden Quellen, welche zum Theil ganz augenscheinlich aufsteigende sind. Berücksichtigt man indeß die Localität ihres Hervorkommens, so verschwindet das Auffallende dieser Erscheinung. Sie kommt unmittelbar am östlichen Fuße des dort sehr steil ansteigenden Drachenfels hervor. Zieht sich ihr Lauf nur einige Hundert Fuß horizontal, oder doch weniger ansteigend als der Abhang des Berges fort, so kann das Ende dieses Laufes, wo sich die aus der Höhe herabkommenden Adern vereinigen, leicht hundert Fuß tief und noch mehr im Innern des Berges liegen.

Sie kommt also, im Verhältniß zum Berge, wahrscheinlich aus größerer Tiefe, als irgend eine der anderen Quellen. Sie bringt daher eine höhere Temperatur aus der inneren Masse des Berges mit und ist mithin eine Therme, obgleich sie gewiß keine hydrostatisch aufsteigende Quelle ist.

Eben so kann man zeigen, daß die warmen Quellen zu Leuk im Wallis, von denen die wärmste 51°,875 hat, bloß dadurch entstehen, daß die Wasser, welche in der warmen Jahreszeit von den Gletschern in der Umgebung abschmelzen, durch das zerklüftete Gebirge bis in das Niveau von Leuk dringen, dort sich erwärmen und mit der erlangten höheren Temperatur ausfließen, obgleich sie sich in mehr als 4000 Fuß Höhe befinden. Es soll jedoch damit nicht behauptet werden, daß die warmen Quellen zu Leuk nur auf diese Weise entstehen könnten. Es wird nur als eine Möglichkeit hingestellt, denn die Quellen zu Leuk können auch aufsteigende sein.

Nicht bloß in geschichteten Gesteinen, auch in ungeschichteten krystallinischen Massen können warme Quellen schon dadurch entstehen, daß Gewässer, auf dem Rücken eines Gebirges durch Spalten und Klüfte niedergehend, in das Innere, wo eine höhere Temperatur herrscht, dringen, und am Fuße irgendwo zu Tage kommen.

So mag vielleicht die 37°,50 warme Quelle zu Warmbrunn, am Fuße des granitischen Riesengebirges, entstehen. Die große Schneegrube auf diesem Gebirge, welche ungefähr 2500 Fuß über Warmbrunn liegt, ist rings umher eingeschlossen; das Wasser von geschmolzenem Schnee und Regen hat einen unterirdischen Abfluß in einen kleinen Teich und giebt der Kochel Ursprung. Ziehen sich von hier an Spalten durch den Granit bis zu dem Niveau von Warmbrunn, so kommen die eindringenden Wasser in eine Region, wo eine Temperatur von 27°,50 herrscht. Bis zu diesem Wärmegrad können sich daher die eiskalten Wasser erwärmen, ohne unter jenes Niveau zu dringen. Um ihre Temperatur aber bis zu 37°,50 zu steigern, müßte freilich vorausgesetzt werden, daß sie noch ungefähr 900 Fuß tiefer hinabdrängen und durch Druck wieder aufstiegen. Sollten es aber die auf dem Gebirgs-Plateau eindringenden Gewässer sein, von welchen die Quelle von Warmbrunn her-

rührte, so würde das einfache Herabsinken bis zum Niveau des Ortes genügen, um die Gewässer von 0° bis zu 37°,50 zu erwärmen. Die heißen Quellen von Carlsbad können jedoch nicht auf die angegebene Weise entstehen. Ihre Temperatur ist zu hoch, und die umgebenden Berge sind zu niedrig. Diese Quellen müssen daher aufsteigende sein, wie dies der Sprudel auch zeigt.

Bei den aus der Tiefe aufsteigenden Quellen kommt die Temperatur der an irgend einer höheren Stelle niedergehenden Wasser, welche in der Regel atmosphärische sind, und die Temperatur der niedrigsten Stelle im unterirdischen Wasserlaufe in Betracht. Indessen können auch hochgelegene Seen, Gebirgsbäche und Gletscher aufsteigende Quellen veranlassen, wenn nur das Bett dieser Gewässer zerklüftet ist, und diese Klüfte und Spalten mit anderen so communiciren, daß sich hydraulische Röhren bilden.

Die Meteorwasser, welche auf einem Berge niedergehen, gelangen mit der veränderlichen Temperatur der Atmosphäre in diejenigen Schichten oder Massen, welche Wasser durchzulassen vermögen. Verweilen sie hinreichend lange in denselben, so nehmen sie die daselbst herrschende höhere Temperatur an und steigen dann durch Spalten wieder auf. Ist die Wassermenge, welche die durchlassende Schicht erfüllt, so bedeutend, daß ihre Temperatur nicht wesentlich durch das zudringende Meteorwasser verändert wird, so wird, wenn diese Ansammlung so tief liegt, daß in ihr keine Temperatur-Veränderungen mehr stattfinden, die aufsteigende Quelle mit constanter Temperatur zum Vorschein kommen. Das Aufsteigen geschieht zwar durch Schichten, in welchen die Temperatur nach oben abnimmt, allein da es vermöge des Druckes rasch erfolgt, so verliert das aufsteigende Wasser wenig oder nichts von seiner in der Tiefe angenommenen Temperatur, und um so weniger, je bedeutender die aufsteigende Wassermenge ist.

Hieraus erklärt sich die so häufige Erscheinung, daß Quellen, die nur aus mäßiger Tiefe kommen, doch während des ganzen Jahres eine constante, erhöhte Temperatur haben. Je mächtiger die Schicht ist, in welcher die Wasser sich sammeln, desto länger kann das Ausfließen der Quelle mit gleicher Er-

giebigkeit anhalten, wenn auch während trockener Jahreszeiten die Zuflüsse sich bedeutend vermindern oder ganz aufhören, daher die eben so häufige Erscheinung, daß die aufsteigenden Quellen während des ganzen Jahres eine fast unveränderliche Menge Wassers liefern. Zeigt sich aber eine Veränderung in der Temperatur und in der Ergiebigkeit, ist damit auch eine Abweichung im chemischen Gehalte verknüpft, so rührt dieses meist davon her, daß oberflächliche Wasser zu der aufsteigenden Quelle hinzutreten und sich in verschiedener Menge, je nach den Jahreszeiten, mit ihr vermischen. Daher pflegt man, wenn von solchen Quellen Gebrauch gemacht wird, namentlich wenn es Mineralquellen sind, große Sorgfalt auf ihre Fassung zu wenden, um entweder durch ein wasserdichtes Gemäuer, oder durch Röhren bis zur nächsten wasserdichten Schicht, die sogenannten wilden Wasser abzuhalten.

Aufsteigende Quellen, welche auf die beschriebene Weise entstehen, insbesondere wenn sie eine unveränderliche Temperatur besitzen, haben die Wärme der Schicht, aus welcher sie kommen. Kennt man daher am Orte, wo die Quelle hervortritt, die mittlere Temperatur der obersten Erdkruste oder der Luft, ist das Verhältniß der Temperatur-Zunahme nach dem Innern bekannt, so kann man aus diesen Angaben annähernd die Tiefe bestimmen, aus welcher die Quelle stammen muß. Kommt z. B. auf 1° Temperatur-Zunahme eine Tiefe von 92 Fuß, ist die mittlere Temperatur 10°, so wird eine Quelle, welche mit 22,5° hervorkommt, aus einer Tiefe von ungefähr 1150 Fuß stammen.

Kein Gesetz ist für die Theorie der Quellen allgemeiner gültig, als dasjenige, daß die Quellen um so wärmer sind, je tiefer ihr Ursprung liegt, und umgekehrt. Die künstlich erbohrten aufsteigenden Quellen, die artesischen Brunnen, haben dieses bis zur völligen Sicherheit dargethan. Man würde aber irren, wenn man jedes Mal aus der Tiefe eines Bohrloches, aus dem eine Quelle aufsteigt, auf die Tiefe ihres Ursprungs und auf die Temperatur-Zunahme in der Umgebung der Quelle schließen wollte. Das ist nur möglich, wenn die aufsteigenden Wässer nicht aus größerer Tiefe stammen, als das Ende des Bohrloches. Ob dieses aber stattfinde oder nicht, ist nie mit Ge-

wißheit zu ermitteln. Die Fälle, wo es nicht so ist, scheinen sogar die häufigsten zu sein. Denn nur wenn eine schwache, mit Wasser durchtränkte Schicht von einem Bohrloch getroffen wird, besitzt das Wasser die mittlere Temperatur der Stelle, an welcher es sich befindet. Ist hingegen die wasserführende Schicht von bedeutender Mächtigkeit und ist sie sehr zerklüftet, so werden ihre Gewässer am obersten Rande schon die mittlere Temperatur der ganzen Lage besitzen. In diesem Falle kommen Wasser zu Tage, welche mehr oder weniger wärmer sind als die Stelle, wo sich das Bohrloch endigt.

Nicht selten ist es endlich, daß ein Bohrloch eine Spalte trifft, die sich nicht bis zu Tage fortzieht. In diesem Falle ist die Spalte als eine Fortsetzung des Bohrloches zu betrachten, und es ist klar, daß das, aus der Spalte in das Bohrloch tretende Wasser, eine höhere Temperatur, als die im Tiefsten des Bohrloches herrschende, haben muß. Aus allen diesen Betrachtungen ergiebt sich, daß wohl nur in seltenen Fällen aus der Tiefe der Bohrlöcher und aus der Temperatur der aufsteigenden Quellen ein sicherer Schluß auf das Verhältniß der Wärme-Zunahme gegen das Erdinnere gebaut werden kann.

Siebzehnter Brief.

Thermen oder warme Quellen insbesondere.

Im gemeinen Leben nennt man nur diejenigen Quellen warme oder heiße, deren Temperatur die der gewöhnlichen Brunnen auf eine auffallende Weise übersteigt. Der Naturforscher zählt aber zu den warmen Quellen oder Thermen alle aus der Erde kommenden Gewässer, deren mittlere Temperatur höher steht, als die der obersten Erdkruste oder der Luft, an dem Orte, wo sie hervorkommen. Im Vorhergehenden haben wir gesehen, daß die Gewässer, welche sich in der obersten Erdkruste bewegen, ihre

Wärme theils dieser, theils der Atmosphäre verdanken und daß ihre mittlere Temperatur mit der der obersten Erdkruste und der der Atmosphäre im Allgemeinen übereinstimmt. So wie daher eine Quelle den mindesten Wärme-Ueberschuß zeigt, sei er auch noch so gering, so kann dieser nicht mehr von den äußeren Einflüssen an der Erdoberfläche abgeleitet werden, sondern muß einen anderen Ursprung haben.

Eine andere Erklärung für den Begriff einer Therme kann nicht gegeben werden, wenn man nicht eine willkürliche Grenzlinie zwischen warmen und kalten Quellen ziehen will. Da jedoch die Boden-Temperaturen mit zunehmender Breite oder Erhebung über den Meeresspiegel abnehmen und selbst unter 0° fallen, so kann eine Quelle in größerer Entfernung von dem Aequator oder auf Hochländern eine Therme sein, die näher am Aequator oder in Niederungen als ein kaltes Wasser betrachtet werden müßte. Es lassen sich daher die Thermen, deren Temperatur tiefer ist als die höchste Bodentemperatur der heißen Zone, also die Thermen von 0° bis 30°, als relative Thermen unterscheiden von den absoluten Thermen, deren Temperatur von 30° bis 100° steigen kann, und die überall auf der Erdfläche zu den warmen Quellen gezählt werden müßten.

Zu den relativen Thermen gehören:

Ortsnamen.	Land.	Mittelluft-temperatur	Quellen-temperatur	Unterschied.
Giwarten-Fiäll .	Lappland .	— 3°,75	1°,20	4°,95
Gotthardpaß . .	Alpen . .	— 0,90	3,50	4,40
Werchoturie . . .	Ural . . .	— 0,88	2,37	3,25
Umeo	Schweden	0,77	2,90	2,13
Kasan	Rußland .	2,20	6,25	4,05
Brenner-Bad . .	Tyrol. . .	4,50	22,50	18,00
Upsala	Schweden	5,30	6,50	1,20
Wissenburg . . .	C. Bern .	6,00	27,50	21,50
Ripoldsau . . .	Schwaben	7,50	10,00	2,50
Reichenhall . . .	Baiern . .	9,00	16,25	7,25
Selters	Nassau . .	10,00	16,87	6,87
Kissingen	Franken .	10,00	20,00	10,00

Bekanntere absolute Thermen sind:

Ortsnamen.	Land.	Mittelluft-temperatur	Quellen-temperatur	Unterschied.
Leuker Bad . . .	C. Wallis	3°,00	50°,70	47°,70
Geysir	Island . .	4,00	100,00	96,00
Gastein	Salzburg .	6,50	47,50	41,00
Karlsbad	Böhmen .	7,50	75,00	67,50
Baden	C. Aargau	8,80	51,00	42,20
Pfeffers	C. St Gallen	9,00	37,20	28,20
Schinznach . . .	C. Aargau	9,30	31,50	22,20
Lavey	C. Waadt	9,50	45,00	35,50
Aachen	Niederrhein	9,50	57,50	48,00
Baden	Baden . .	10,00	67,50	57,50
Chaudes-Aigues	Cantal . .	10,00	80,00	70,00
Ischia	Neapel . .	16,00	99,00	83,00

Die Temperatur der Thermalwasser ist, so weit die Beobachtung zurückzugehen vermag, dieselbe geblieben. Zwar sind zuweilen in vulkanischen Gegenden, oder unter dem Einfluß von Erdbeben sowohl Erhöhungen als Erniedrigungen der Quellenwärme beobachtet worden, doch sind dies Ausnahme-Erscheinungen. So fand Boussingault z. B. die Temperatur der sehr starken Quelle von Mariara in Venezuela zu 64°, während Humboldt sie, 23 Jahre früher, zu 59°,3 bestimmt hatte. Ein so großer Unterschied, daß er weder den Instrumenten, noch den Beobachtern zur Last gelegt werden kann.

Eine oft wiederholte, und im großen Publicum allgemein geglaubte Behauptung schreibt den Thermalwassern eine größere Wärmecapacität zu, als dem gewöhnlichen Wasser. Daher jene unter gleichen Verhältnissen langsamer als dieses erkalten sollen. Genaue vergleichende Versuche ausgezeichneter Physiker haben zwar bewiesen, daß dieser Unterschied durchaus nicht stattfindet, nichts desto weniger wird wohl noch eine geraume Zeit hingehen müssen, bis der Glaube an dieses Phänomen verschwunden sein wird. Der Glaube verlangt eben nur, daß eine Sache glaublich erscheine, und da das Wasser der heißen Quellen sicherlich nicht auf dieselbe Weise erwärmt worden ist, wie

unsere künstlich erwärmten Flüssigkeiten, so meint der gemeine Verstand, es könne die Wärme auch wohl in eine andere, innigere Verbindung mit dem Wasser getreten sein, als wir sie künstlich hervorzurufen vermögen. Dem ist jedoch nicht also.

Wird der Begriff einer Therme auf die oben entwickelte Weise festgestellt, so findet man, daß dieselben ganz allgemein auf der Erde verbreitet sind, ja sogar, daß sie an manchen Orten noch häufiger als die kalten Quellen vorkommen. Sie finden sich in Orten, die unter dem Niveau der Meeresfläche, über ihr und bis zu vielen Tausend Fuß Höhe liegen. Die Schwefelquellen von Juan mit 32° und von Aguatibia mit 36° liegen in 12000 Fuß Höhe in den Anden und die heiligen Quellen von Gaurikund im Himalayah, deren eine 52° zeigt, befinden sich 7000 Fuß über dem Meere. Sie werden unter allen Breiten vom Aequator bis zu den Polarländern angetroffen und kommen in allen Gebirgsformationen vor, in den jüngsten wie in den ältesten, neptunischen und vulkanischen Bildungen. Indessen sind sie besonders häufig, wie wir bereits erwähnt haben, auf der Grenze zwischen den geschichteten und ungeschichteten Formationen.

Aus diesem Umstande wird es erklärlich, daß in manchen Ländern, wie z. B. in Schweden und Norwegen, die absolut warmen Quellen zu den Seltenheiten gehören. Diese Länder enthalten zwar Thermen von constanter Temperatur, aber eigentlich warme Quellen fehlen ihnen gänzlich. Dies rührt ohne Zweifel davon her, daß dort keine jüngeren sedimentären Formationen, welche von krystallinischen Gesteinen durchbrochen worden sind, zum Vorschein kommen. Daher ist eine Zerklüftung bis zu großer Tiefe auf der Grenze zwischen geschichteten und massigen Bildungen nicht vorhanden, und damit fehlt eine Hauptgelegenheit für die Bildung aufsteigender Quellen; denn im krystallinischen Gebirge selbst ist die Zerklüftung nur selten von der Art, daß aufsteigende Quellen gebildet werden.

So lange man nur diejenigen Quellen beachtete, welche im gemeinen Leben warme oder heiße genannt werden, konnte man ihren Ursprung localen Ursachen zuschreiben, sobald man aber die Temperatur-Verhältnisse der Quellen im Allgemeinen in's Auge faßt, erkennt man deutlich, daß die Ursache ihrer

Erwärmung eine ganz allgemeine, in der ganzen Erdoberfläche verbreitete sein muß. Früher bildeten sich mancherlei, zum Theil seltsame Hypothesen über den Ursprung dieser Wärme aus. Einige glaubten, daß eigenthümliche chemische Processe im Innern der Erde sie veranlaßten, Andere suchten die Ursache ihrer Entstehung in galvanischen oder elektrischen Processen zu finden, welche durch die Berührung verschiedener Gebirgsarten entstehen sollten u. dgl. m. Bei dem gegenwärtigen Standpunkte der Wissenschaft dürfte es eine unnöthige Mühe sein, diese Hypothesen widerlegen zu wollen.

Die Temperatur-Zunahme nach dem Innern unserer Erde, eine durch unzählige Thatsachen bewiesene Erscheinung, ist die Hauptursache der Wärme der Thermen. Seitdem artesische Brunnen erbohrt worden sind, seitdem sich die Erscheinung an allen Orten wiederholte, daß die Wasser dieser, auf künstlichem Wege erhaltenen, aufsteigenden Quellen um so wärmer werden, je tiefer gebohrt wird, kann es nicht mehr bezweifelt werden, daß eine allgemeine Wärmequelle im Innern der Erde vorhanden sein müsse, welche nicht bloß die Ursache der Wärme der Thermen, sondern ebenso vieler anderer Erscheinungen ist, welche wir zum Theil schon berührt haben, zum Theil in der Folge noch kennen lernen werden.

Außer dieser Hauptursache giebt es allerdings noch locale Veranlassungen, von welchen die Erwärmung oder Abkühlung mancher Thermen abhängig ist. Steigen geschmolzene, oder auch nur stark erhitzte Massen aus dem Innern der Erde auf, welche sich entweder über ihre Oberfläche erheben, oder nahe unter derselben eingeklemmt bleiben, so werden die Gewässer in der Erdkruste, welche mit diesen Massen in Berührung kommen, erhitzt, und auf diese Weise können sich warme Quellen bilden. Dieselben werden aber, mit der allmäligen Erkaltung dieser erhitzten Massen, sich nach und nach bis zu dem Grade abkühlen, welcher der Temperatur des Orts entspricht, wo sie entspringen. Haben diese Massen einen sehr bedeutenden Umfang, so können Jahrtausende verstreichen, ehe sie gänzlich erkalten. Warme Quellen, welche auf ihre Kosten entstanden sind, können daher während ebenso langer Zeiträume, wenn auch mit einer allmälig sich vermindernden Temperatur ausfließen.

Diese Erscheinungen haben sich in früheren Perioden unserer Erdentwickelung, wo die gewaltigen Massen der krystallinischen Gesteine aufgestiegen sind, und sich theils über die Erdoberfläche erhoben, theils nur Hebungen und Zerreißungen der obersten Erdrinde bewirkt haben, gewiß sehr häufig wiederholt. Manche Absätze, deren eigenthümliche Art und Beschaffenheit darauf hindeutet, daß sie wahrscheinlich durch heiße Quellen gebildet worden sind, und die wir heut zu Tage an Stellen finden, wo entweder gar keine Quellen oder doch nur kalte hervorkommen, dürften Beweise für die frühere Existenz solcher warmen Quellen sein.

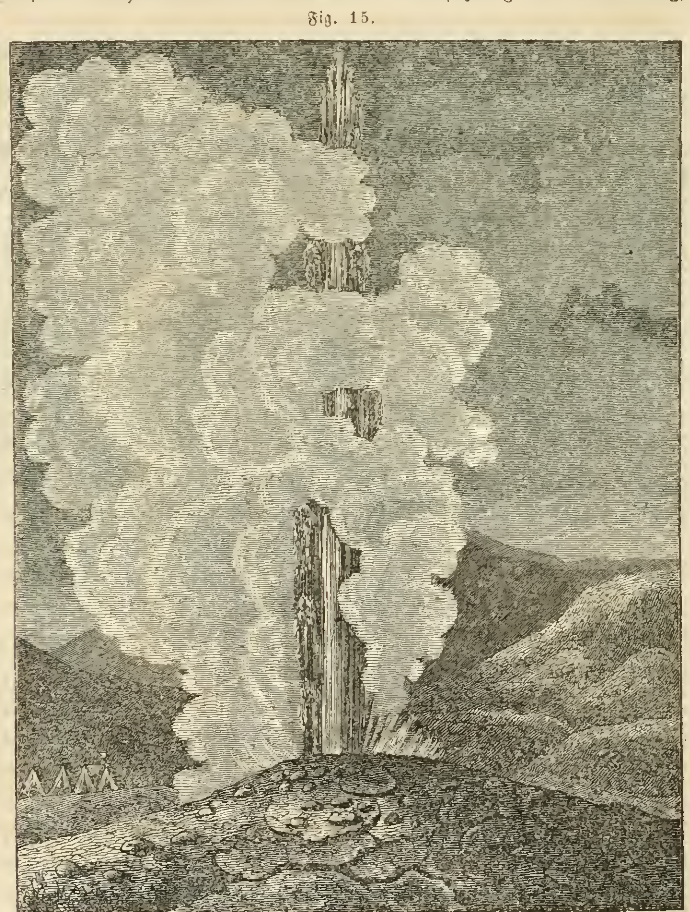
In der Nähe kürzlich erloschener Vulkane finden sich Beispiele einer ziemlich schnellen Erkaltung heißer Quellen. So hat die Temperatur der heißen Quellen am Jorullo, einem mexicanischen Vulkane, welcher gerade vor 100 Jahren entstand, aber nur ein Jahr lang in Thätigkeit blieb, von dem Besuche Humboldt's bis zu dem Burkard's, innerhalb 24 Jahren um 22°,5 abgenommen. In ähnlicher Weise hat sich nach Humboldt's und Boussingault's Beobachtungen die Temperatur des Gasgemenges, welches aus den Klüften auf dem Passe von Quindiu, in der Quebrada del Azufral, ausströmt innerhalb 26 Jahren von 47°,75 bis zu 19°,12 abgekühlt. Wenn an dieser Stelle eine Quelle gewesen wäre, so würde deren Temperatur ebenfalls abgenommen haben. Umgekehrt zeigt sich auch manchmal eine Zunahme der Temperatur, wie das schon oben von den Quellen von Mariara erwähnt wurde.

Nach vielfachen, genauen Beobachtungen, welche vor fast 100 Jahren begonnen und bis in die neueste Zeit fortgesetzt wurden, sind die heißen Quellen, welche unter dem Namen la Pisciarella in der Nähe von Neapel, am äußeren Kegel der Solfatara entspringen, außerordentlichen Veränderungen in ihrer Temperatur unterworfen. Man hat bei ihnen sowohl 37°,5, als 92°,5 beobachtet. Selbst innerhalb ganz kurzer Perioden zeigen sich manchmal auffallende Veränderungen. So berichtet Forster, daß in der Nähe des Vulkans von Tanna, auf einer der Hebriden, eine warme Quelle existirt, deren Temperatur von einem Tage zum andern um mehrere Grade wechselt. Solche schnelle Veränderungen in der Temperatur der Quellen deuten

darauf hin, daß in den Umgebungen des Quellenlaufs Temperatur-Veränderungen in Folge von Schwankungen in den vulkanischen Einwirkungen vorkommen, oder, was noch wahrscheinlicher ist, daß Wasserdämpfe, welche bald mehr, bald weniger häufig in den Spalten des Gesteins aufsteigen, eine wechselnde Erhitzung der Quellwasser herbeiführen.

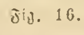
Die merkwürdigsten Beispiele von Ausbrüchen heißen Wassers geben unzweifelhaft die heißen Quellen Islands. Sie haben in den früheren Briefen eine umfassende Schilderung derselben erhalten und eine Auseinandersetzung der Erklärung,

Fig. 15.



welche Bunsen für die Erscheinung gegeben hat. Ich gebe hier vorstehend eine Abbildung, welche den Geysir im Ausbruche darstellt, so wie ihn ein Abbild im Besitz von Bunsen, durch den Maler der Expedition gefertigt, möglichst naturgetreu darstellt.

Die Erklärung, welche Bunsen für die wunderbar regelmäßigen Pausen zwischen den stoßweisen Ausbrüchen giebt, ist zwar ganz mit den Temperatur-Beobachtungen an Ort und Stelle in Uebereinstimmung, indessen muß ich gestehen, daß sie mir doch bei der ersten Kenntnißnahme den Eindruck der Künstlichkeit hervorrief. Das konnte allerdings so sein, aber könnte es nicht auch wohl anders sich erklären lassen? Da wurden von zwei Seiten Apparate construirt, welche die Erscheinung nachahmen sollten, und vor meinen Augen habe ich die merkwürdigen intermittirenden Ausbrüche des Geysir sich ganz von selbst und stetig wiederholen sehen.



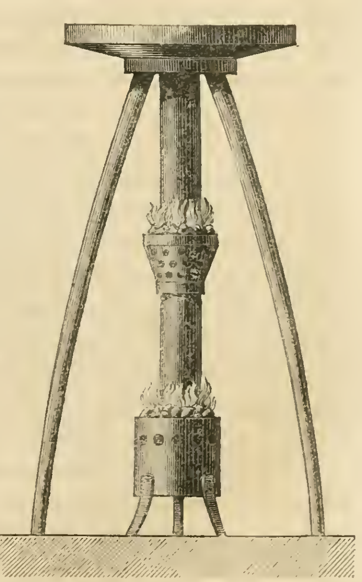


Fig. 16.

Der Apparat, den die nebenstehende Abbildung darstellt, besteht aus einer ungefähr 5 Fuß hohen Blechröhre, von 5 Zoll Durchmesser, die unten geschlossen ist und oben in ein flaches Becken von Blech endigt, welches etwas über 2 Fuß im Durchmesser hat. Etwa in der Mitte der Höhe ist an diesem Rohre ein Kohlenbecken von durchlöchertem Blech befestigt. Der ganze Apparat wird durch einen hölzernen Ring getragen, welcher auf 3 Beinen ruht: das Rohr wird ungefähr bis zu seiner Mündung mit Wasser gefüllt, sein unteres Ende in einen mit glühenden Kohlen gefüllten kleinen Ofen gesenkt und auch der mittlere Kohlenbehälter mit glühenden Kohlen gefüllt.

Die Wassermasse zwischen den beiden Kohlenbecken wird

nun nach einiger Zeit bis zur Siedetemperatur erwärmt sein, welche dem auf ihr lastenden Druck entspricht. Beginnt nun an der Stelle des oberen Kohlenbeckens die Dampfbildung, so werden die ersten Blasen nur ein Aufwallen des Wassers im Becken bewirken, bis endlich nach einigen solchen, gleichsam vergeblichen Versuchen, eine stärkere Eruption erfolgt, welche das siedende Wasser einige Fuß hoch über das Bassin in die Höhe schleudert. Hierauf fällt das dadurch abgekühlte Wasser in das heiße Rohr zurück, erwärmt sich allmälig wieder, und nach einigen Minuten findet ein neuer Ausbruch statt. So kann man die Erscheinung sich beliebig oft wiederholen lassen. Die Richtigkeit der Bunsen'schen Erklärungsweise ist durch diesen Apparat auf das Entschiedenste erwiesen.

Von wunderbaren, heißen Quellen auf Neu-Seeland giebt Dieffenbach in seiner Reise, die leider bisher nur englisch erschienen ist, nähere Nachricht. Am 1. Juni 1841, so erzählt er, bestiegen wir einen Hügel, der ein wenig nordwärts von unserm Wege lag. Er war von einer ansehnlichen Höhe und hatte sein ursprüngliches Gestein durch heiße Dämpfe, welche überall an seiner Oberfläche hervordrangen, fast ganz in rothen oder weißen Thon verwandelt. Gegen Abend erreichten wir die Hügel, welche auf allen Seiten den Rotu-Mahana (warmen See) umgeben. Als wir auf der Höhe dieser Hügel ankamen, öffnete sich vor unsern Augen eine der großartigsten Aussichten, die ich je erblickt habe. Möge sich der Leser einen tiefen See von schöner blauer Farbe denken, von grünenden Hügeln eingefaßt; in dem See verschiedene Inseln, deren einige den nackten Fels, andere eine Bedeckung von Strauchwerk zeigten, während auf ihnen allen, aus einigen Hundert Oeffnungen, Dämpfe hervorstiegen, die doch der Frische des grünen Laubes keinen Eintrag zu thun schienen; auf der andern Seite am Ufer eine Reihe von breiten Stufen in marmorweißer Farbe, mit einem leichten rosigen Anflug, und über sie hinweg eine Kascade von dampfendem Wasser bis zu dem Spiegel des Sees herab. Ein Theil des Sees war von dem übrigen durch eine Reihe von Felsen getrennt, eine kochende Lagune bildend, die ihr Wasser in den Rotu-Mahana sendete. Wir stiegen zu dem See hinab, aber ein schwerer Regen und die Nacht überkamen uns.

Nachdem wir uns dennoch über ein Flüßchen von Blutwärme gewagt hatten, befanden wir uns bis über die Knie in einem schlammigen Sumpfe, ohne daß wir wußten, wohin wir uns wenden sollten, da unsere eingebornen Begleiter noch weit hinter uns zurück waren. Endlich kamen sie an und führten uns zu einer höheren Stelle im Grund, wo wir unser Zelt aufschlugen. Wir wagten es nicht in der Dunkelheit weiter vor zu dringen, obgleich alle unsere Vorräthe aufgezehrt waren, da unsere zwei Führer, die in der Gegend wohl bekannt waren, beide aussagten, daß ein sehr schlimmer Sumpf noch zu überschreiten sei, ehe wir die nächste Ansiedlung von Eingebornen erreichen könnten, und daß es überdies zweifelhaft sei, ob wir die Bewohner derselben dort antreffen würden. Sie selbst machten sich indessen auf und versprachen früh am Morgen mit einem Kanoe und Nahrungsmitteln zur Stelle zu sein.

Beim Anbruch des nächsten Morgens fanden wir den See mit Wasservögeln bedeckt, unter denen wir den schönen Porphyrio, Enten, Schnepfen u. a. m. bemerkten, die meist auf einen kleinen Fisch Jagd machten, der in großer Menge im See lebt. Bald darauf kamen einige Eingeborne in einem Kanoe, um

Fig. 17.



uns über den See in ihre Ansiedlung zu holen. Obgleich sie bisher wohl nur einen Europäer, Herrn Chapman von Rotu-rua gesehen hatten, der vor uns diesen See besuchte, so waren sie doch sehr freundlich und brachten Kartoffeln und Fische für uns herüber. Sie führten uns zuerst zu der Kascade, welche wir am Abend vorher gesehen hatten, und die sie Wakatara nennen.

Die Stufen zeigten sich aus den kieseligen Absätzen gebildet, welche das Wasser des oberhalb gelegenen heißen Teiches absetzt. Wir stiegen die Stufen hinauf, deren ungefähr 50 sind. Sie haben einen bis zwei Fuß Breite und viele sind noch in Unterabtheilungen getheilt. Das Wasser, welches über sie herabfiel, war leidlich warm. Die Stufen waren fest wie Porzellan, und hatten mitunter eine schwache Karminfärbung. (Ganz wie die Kieselabsätze am Geysir.) Die Niederschläge nehmen mitunter tropfsteinartige Formen an, und haben dann die milchweiße Farbe des Chalcedons. Dem kochenden Teiche auf der Höhe, der blau und klar war, konnte man sich nicht ganz nähern, da die Absätze an seinem Rande sehr dünn und bröcklich waren. Er hatte 30 Fuß im Umfang und lag ungefähr 100 Fuß über dem See. Das Wasser, welches von diesem Teiche und von anderen Stellen dem See zugeführt wird, erwärmt denselben bis zu 35°.

In dem See selbst brechen ebenfalls Quellen hervor, was man an dem Aufsteigen von Luftblasen an vielen Stellen bemerken kann. Auch an den Ufern strömt aus vielen Oeffnungen Dampf aus. Wir landeten nachher an einem kleinen Felsen in dem See, der aus feldspathreicher Lava bestand; die Eingeborenen hatten einige Hütten darauf und kochten dort unsere Speisen über einer dampfenden Spalte, während ich im warmen See badete. Der Rotu-Mahana hat ungefähr eine Viertelmeile im Umfang und steht durch einen Kanal mit dem Tera-Wera-See in Verbindung. Das Wasser des Kanals hat 29°,5. Es ist reißend, und der Lauf eng und gewunden. An den Ufer-Rändern entspringen viele heiße Quellen und an einer Stelle steigt auch eine Kieselstufen-Reihe, wie am Wakatara, den Hügel hinan. Die Ufer des Tera-Wera sind jäh und felsig, von trachytischem Gestein gebildet.

Wenn der Geysir sowohl als die Quellen von Neu-Seeland unzweifelhaft vulkanischen Districten angehören, so kommen doch auch äußerst heiße Quellen in Gegenden zum Vorschein, welche keine Spur vulkanischer Gesteine aufzuweisen haben. Die heißen Quellen der Kolonie, sagt Krauß in seinen Nachrichten über das Cap, sind fast ohne Ausnahme alle am Fuße der Grooten-Zwarte-Berge zu finden. Auf diesem langen, stellenweise über 3000 Fuß ansteigenden Gebirgszuge, welcher den östlichen Theil der Kolonie vom Breede- bis zum Camtoos-Rivier in der Richtung von West nach Ost durchschneidet, entspringen sie aus den Spalten des bunten Sandsteins, der zu seinem Liegenden die Grauwacke und den Thonschiefer hat. Nirgends steht der Granit oder irgend ein anderes plutonisches Gebilde bei einer der Quellen selbst an. Nur an Brandvalley, das zwischen dem westlichen Ende der Grooten-Zwarte-Berge und den Gebirgen von Worcester liegt, umgeben nach Lichtenstein Blöcke von Granit das Becken; aber gleich über ihnen erhebt sich wieder ein mächtiges Thonschiefer-Lager. Es findet sich auch sonst im ganzen südlichen Afrika keine äußere Andeutung einer vulkanischen Thätigkeit.

Die stärkste und heißeste von allen Quellen ist die Brandvalley, nicht weit entfernt von der Districts-Hauptstadt Worcester. Die Quelle bildet ein Bassin von 50 Fuß im Durchmesser und ist so stark, daß der Bach gleich beim Austritt aus dem Bassin Mühlen treibt. Das Wasser hat, nach den Angaben von Lichtenstein, eine Temperatur von 82°,5 und ist klar, geschmack- und geruchlos. Die Quelle sprudelt in dem Becken lebhaft auf und läßt ihre hohe Temperatur an dem dampfenden Wasser noch viele hundert Schritte von dem Bassin erkennen. Das entwickelte Gas ergiebt sich als ziemlich reine Kohlensäure. Nirgends zeigt sich ein Absatz von Eisenoxyd, der bei den anderen Quellen der Gegend in so großer Menge vorhanden ist. Die Quelle verdankt daher ihre Wirksamkeit wohl hauptsächlich der hohen Temperatur, und wird vorwaltend bei Haut-Krankheiten und veralteten Uebeln mit Erfolg gebraucht.

Achtzehnter Brief.

Bestandtheile und Vorkommen der Mineral-Quellen.

„Welcher Art die Erden sind, solcher Art sind auch die Quellen, welche durch sie fließen".*) So bezeichnet Plinius eine wichtige Naturerscheinung, in ihren einfachsten Verhältnissen, klar und leicht verständlich; ohne daß er eine nähere Kenntniß der beweisführenden Thatsachen hatte. Er kannte weder die Bestandtheile der Erden und Gesteine, noch die der Gewässer. Hätten seine Nachfolger mit so nüchternem Blicke, wie er, die Sache betrachtet und verfolgt, so würde eine große Zahl verkehrter Hypothesen der Wissenschaft fern geblieben sein.

Der Gehalt der süßen Wässer an mineralischen Bestandtheilen erklärt sich auf eine einfache und genügende Weise theils nur durch Auslaugung der Gebirgsgesteine, theils durch Zersetzung derselben mittelst Kohlensäure haltiger Quellen. Schon im Jahre 1826 hat Struve durch Versuche dargethan, daß man durch Einwirkung kohlensauren Wassers, unter einem Drucke von 1 ½ bis 3 Atmosphären, künstliche Mineralwasser aus verschiedenen krystallinischen Gesteinen erzeugen kann.

Schwerlich giebt es eine Quelle, welche ganz frei von festen Bestandtheilen ist. Der im gemeinen Leben gebräuchliche Unterschied zwischen süßen und mineralischen Quellen hat daher keine wissenschaftliche Bedeutung. Es giebt Brunnenwasser, welche mehr feste Bestandtheile enthalten, als Quellen, welche man allgemein Mineralquellen nennt. Kaum wird sich ein Brunnenwasser finden, welches so wenig fremde Bestandtheile enthielte, als die heißen Quellen zu Gastein und Pfäffers, und doch nimmt Niemand Anstand, die letzteren für Mineralwasser zu halten. Der Unterschied in der Temperatur kann nur eine Eintheilung der Quellen in kalte und warme begründen, aber dieser Unterschied steht in gar keiner Beziehung zum Gehalt an mineralischen Substanzen. Es giebt, wie das eben ange-

*) Tales sunt aquae, quales sunt terrae, per quas fluunt.

führte Beispiel zeigt, heiße Quellen, welche außerordentlich arm an festen Bestandtheilen sind, und umgekehrt kalte, oder solche, deren Temperatur sich nur wenige Grade über die der benachbarten kalten erhebt, die aber sehr reich an Salzen sind, wie z. B. die Salzsoolen. Eben so wenig kann der Gehalt an gasförmigen Bestandtheilen einen Unterschied zwischen süßen und mineralischen Quellen begründen, da das am meisten verbreitete Gas, die Kohlensäure, in keinem Quellwasser fehlt. Ein kaum merklicher Gehalt steigt bis zur völligen Sättigung.

Wie wenig der Kohlensäure-Gehalt allein den Reichthum einer Mineral-Quelle an festen Bestandtheilen bedingt und wie sehr diese von einem längeren unterirdischen Laufe abhängig sind, zeigen folgende Bestimmungen. Tausend Theile Wasser lieferten an festen Bestandtheilen aus

einer Mineral-Quelle am Laacher-See	2,8 Th.
" " bei Wehr	3,9 "
" " zu Lamscheid a. d. Hundsrück	5,9 "

Alle drei Quellen sind ungemein reich an Kohlensäure, welche sich auch ununterbrochen aus ihnen entwickelt.

Dagegen lieferte das Wasser zweier, offenbar durch den Rhein gespeisten Senkbrunnen zu Bonn

unter dem chemischen Laboratorium	5,4 Th.
in der Nachbarschaft desselben	5,8 "

dabei enthielten diese letzteren Wasser nur so viel Kohlensäure, als die Kalk und Magnesia-Salze zu ihrer Auflösung erforderten. Diese waren aber in größerer Menge vorhanden, als in jenen an Kohlensäure so reichen Mineral-Quellen. Die Frage nach der Herkunft der mineralischen Bestandtheile einer Quelle bezieht sich also eben so wohl auf die süßen als auf die sogenannten mineralischen Quellen. Hat man nachgewiesen, wie die Brunnenwasser oder die süßen Quellen ihre festen Bestandtheile aufnehmen, so ist damit im Allgemeinen auch die Entstehung der Mineralquellen erklärt. Indeß stoßen wir hier doch auf einen Unterschied, den wir näher in's Auge fassen müssen.

Obgleich nämlich die Beimischung mineralischer Bestandtheile ein reiner Auflösungsproceß schon vorhandener Stoffe ist, so sind doch zwei Fälle zu unterscheiden. Entweder finden sich die Bestandtheile der Quellen schon gebildet in Gesteinen vor,

wie z. B. das Kochsalz, und werden vom Wasser bloß aufgelöst, oder sie sind in anderen Verbindungen in den Gesteinen vorhanden, wie die Alkalien, die Erden, Eisen- und Mangan-Oxyde, Kieselsäure u. s. w. und müssen erst durch einen Zersetzungsproceß frei und löslich gemacht werden. Bei diesen Zersetzungen bedient sich die Natur nur in sehr wenigen Fällen einer andern Säure als der Kohlensäure, und daher bilden sich fast immer aus den in den Gesteinen enthaltenen Alkalien, Erden und Metall-Oxyden doppelt kohlensaure Salze, welche sich im Wasser auflösen.

In den meisten Fällen finden beide Processe, der Auflösung und der Zersetzung, zugleich statt, indem die in den Gesteinen schon gegenwärtigen Salze entweder unmittelbar vom Wasser oder mit Hülfe freier Kohlensäure, und die als kieselsaure Salze vorhandenen Alkalien, Erden und Metall-Oxyde nach vorausgegangener Zersetzung durch Kohlensäure aufgelöst werden. Manchmal absorbiren Gewässer erst, nachdem sie aus Gesteinen Salze unmittelbar aufgelöst haben, die Kohlensäure und diese wäßrige Kohlensäure zersetzt dann kieselsaure Salze, wodurch doppelt kohlensaure Verbindungen gebildet und von den Gewässern nachträglich aufgenommen werden. Es ist namentlich bei Salzsoolen nicht selten der Fall, daß sie, nachdem sie steinsalzhaltige Schichten durchflossen und davon aufgelöst haben, Strömen von Kohlensäuregas begegnen, sie absorbiren und hierauf erst Zersetzungen veranlassen. Oder es tritt der umgekehrte Fall ein, daß sie erst Kohlensäure aufnehmen, Gesteine zersetzen u. s. w. und dann erst Kochsalz auflösen. Uebrigens sind nicht alle kohlensaure Salze in den Mineralwässern Zersetzungsproducte von Kieselverbindungen, denn alle Gewässer, welche freie Kohlensäure enthalten und durch Kalkstein oder Dolomit fließen, bilden in reichlicher Menge doppelt kohlensaure Kalk- und Magnesia-Salze. Zur Auflösung schon vorhandener kohlensaurer Alkalien ist nicht einmal die Gegenwart von Kohlensäure nöthig.

So wie der Chemiker die kieselsauren Salze, welche mehrere Basen enthalten, durch Salzsäure zersetzt, und dadurch Chlorverbindungen erhält, so zersetzt die Natur dieselben Salze (Silicate) durch kohlensaure Wässer und erhält doppelt kohlen-

saure Salze (Bicarbonate). Was in kurzer Zeit die stärkere Salzsäure bewirkt, erreicht die schwächere Kohlensäure in längeren Zeiträumen. Hydrostatischer Druck befördert die Aufnahme der Kohlensäure durch die Gewässer, und so kann in großer Tiefe ein Wasser wirken, welches viel Mal mehr Kohlensäure enthält als die zu Tage kommenden Kohlensäure führenden Quellen (Säuerlinge). Eine solche wäßrige Kohlensäure wirkt aber viel kräftiger, als die unter einfachem Luftdruck gebildete. Daß gleichwohl die Zersetzung der Silicate durch wäßrige Kohlensäure im Innern der Erdrinde sehr langsam vor sich gehen müsse, ersehen wir aus den geringen Mengen aufgelöster Bicarbonate in den sogenannten Mineralwassern. Selbst in den reichsten von ihnen steigt die Menge derselben und aller andern Salze zusammengenommen wohl nie über ein halbes Procent. Nie finden wir, daß etwa ein Mineralwasser ganz oder wenigstens fast ganz mit kohlensaurem Natron gesättigt wäre, wie manchmal Salzsoolen nahe mit Kochsalz gesättigt zu Tage kommen. Der Grund hiervon ist, daß das kohlensaure Natron erst nach einem längere Zeit dauernden Zersetzungsproceß auflösbar wird, das Kochsalz hingegen schon im auflösbaren Zustande vorhanden ist. Während jener lange dauernden Zersetzung können durch die unterirdische Mineral-Werkstätte große Mengen Wassers circuliren, und je bedeutender diese Wassermassen, je geringer die Mengen der gebildeten kohlensauren Salze sind, desto verdünnter werden die Auflösungen, die Mineralwasser.

Die heißen Quellen zeichnen sich, wie wir gesehen haben, keineswegs durch einen größeren Gehalt an festen Bestandtheilen aus, denn die Temperatur der Quellen ist unabhängig von der chemischen Beschaffenheit des Quellwassers. Die einen Thermen, von geringer oder hoher Temperatur, enthalten weniger feste oder gasförmige Bestandtheile, als gewöhnliche Brunnenwasser, wie Gastein, Pfäffers, Luxeuil, die anderen absoluten Thermen gehören umgekehrt zu den an aufgelösten Stoffen reichsten Mineralwassern, wie Montefalcone, Wiesbaden, Mehadia, Karlsbad. Ihre festen und gasförmigen Bestandtheile sind von mannigfaltigster Art, und doch finden sich dieselben Stoffe auch in Quellwassern, die keineswegs eine auffallende Wärme besitzen und kaum zu den Thermen gezählt werden können.

Und dennoch lassen sich mitunter zwischen der Temperatur und den Bestandtheilen der Mineralwasser einige Beziehungen auffinden, welche nicht zufällig zu sein scheinen. Ich will versuchen in der nachfolgenden kurzen Uebersicht dieselben zur Anschauung zu bringen. Man kann die Mineralwasser nach ihrer Zusammensetzung in folgende Gruppen bringen:

1. Reine Quellwasser. Sie zeichnen sich durch ihre Armuth an festen und gasförmigen Stoffen aus und sind größtentheils absolute Thermen; so

Lureuil	mit	0,27	festen	Th.	p.	m.	und	56°,0 Temp.
Pfäffers	"	0,29	"	"	"	"	"	37,2 "
Gastein	"	0,35	"	"	"	"	"	47,5 "
Plombières	"	0,48	"	"	"	"	"	65,0 "
Wildbad	"	0,56	"	"	"	"	"	37,5 "
Bormio	"	0,57	"	"	"	"	"	40,0 "

2. Eisenwasser. Wasser, welche kleine Mengen doppelt kohlensauren Eisenoxyduls enthalten. Sie sind gewöhnlich kalte Quellen, deren Temperatur entweder von der mittleren der Oberfläche nicht abweicht, oder sie doch nur wenig übersteigt; so Spaa mit 10°, Driburg mit 10°, Rohitsch mit 11°,25, Franzensbad mit 11°,7, Pyrmont mit 13°,75, Blumenstein mit 15°.

3. Bitterwasser. Durch ansehnlicheren Gehalt an schwefelsaurer Magnesia ausgezeichnet. Meist kalte oder fast kalte Quellen; so Püllna mit 8°,75, Saidschütz mit 15°,6.

4. Glaubersalzwasser. Enthalten schwefelsaures Natron in verschiedener Menge. Zeigen sehr ungleiche und zum Theil hohe Temperaturen; so Marienbad 12°, S. Gervais (Savoyen) 41°,25, Lavey (Waadt) 45°, Bath 46°,25, Néris (Dep. de l'Allier) 52°,5, Karlsbad 75°. Die kalten Quellen dieser Abtheilung führen in der Regel viel Kohlensäure und sind daher zugleich Säuerlinge, die warmen enthalten auch kohlensaure, schwefelsaure und salzsaure Salze.

5. Alkalische Wasser. Kohlensaures Natron ist ihr vorherrschender Bestandtheil, dabei sind es theils kalte, theils warme Quellen. Zu den ersteren gehören Rosenlaui (Berner-Oberland) mit 8°, Tarasp (Unter-Engadin) mit 9°, Fachingen mit 10°; zu den letzteren Schlangenbad mit 31°,25, Vichy mit 35°, S.

Nectaire mit 38°,75, Töplitz mit 49°,4, Ems mit 56°,25, Chaudes-Aigues mit 80°.

6. Kalkführende Wasser. Sie lagern oft beträchtliche Kalkstein- und Tropfsteinmassen ab und kommen mit allen Temperaturen vor. Diejenigen, welche sich durch mächtige Kalkablagerungen auszeichnen, sind aber stets Thermen und meist von hoher Temperatur. Kalte Quellen dieser Art sind die in allen Kalkgebirgen häufigen Tuffwasser, welche den Kalktuff oder Duckstein absetzen, die Sinterwasser der Tropfsteinhöhlen, die Sumpfwasser in den Ebenen von Ungarn, der Vellino bei Terni, der Anio bei Tivoli. Berühmtere heiße Heilquellen von starkem Kalkerdegehalt sind S. Allyre bei Clermont mit 24°, S. Filippo in Toscana mit 24°, S. Vignone in Toscana mit 32°,5.

7. Gypswasser. Gyps bildet den Hauptbestandtheil vieler, sowohl kalter, als warmer Quellen. Die kalten Schwefelwasser von Gurnigel, Lalliaz, Ber und viele andere enthalten davon, so wie die heißen Quellen von Wyssenburg mit 27°,5, von Pisa mit 44°, von Bagnères de Bigorre mit 50°, von Leuk mit 50°,7, von Lucca mit 54°.

8. Kieselquellen. Kieselsäure ist zwar auch kalten Quellen nicht ganz fremd (Marienbad in Böhmen, Suliguli in Siebenbürgen), kommt aber in einigermaßen beträchtlicher Menge nur in heißen Quellen vor, wie im Geysirwasser, dessen feste Bestandtheile 1 p. m. zur Hälfte aus Kieselsäure bestehen, im Wasser der Caldera von S. Miguel unter den Azoren, und in den heißen Quellen von Neu-Seeland.

9. Soolwasser. Der Kochsalzgehalt dieser Wasser ist theils so gering, das er im Geschmack verschwindet, theils so bedeutend, daß er fast bis zur Sättigung steigt, die Temperatur dabei von den verschiedensten Graden. Zu den bekannteren Thermen, die sich sowohl durch hohe Temperatur als größeren Salzgehalt auszeichnen; gehören Bourbonne-les Bains mit 58°75, Baden-Baden mit 67°,5, Wiesbaden mit 70°, Burtscheid bei Aachen mit 77°,5 und Ischia mit 99°. Laue und kalte Soolwasser von beträchtlichem Salzgehalt sind die von Dobberan an der Ostsee mit 5°,5 Temperatur und 14,3 p. m. Salzgehalt, von Homburg mit 10°,6 und 10,3 p. m., von Kissingen mit

11°,25 und 13,9 p. m., von Sülz in Mecklenburg mit 12° und 44,5 p. m., von Kreuznach mit 30° und 9,5 p. m. Salzgehalt.

10. Schwefelwasser. Der Gehalt an Schwefelwasserstoffgas bedingt die Eigenthümlichkeit dieser Mineralwasser. Sie kommen eben so häufig von niedrigen als von mittleren und hohen Temperaturen vor, doch sind die letzteren in der Regel die stärksten. Schwächere kalte Schwefelwasser führen in der Regel auch Gyps. Sie sind nicht selten, Nenndorf ist in Deutschland die stärkste der kalten Quellen. Warme Schwefelquellen sind die von Baden und Schinznach im Aargau, von Aachen und Burtscheid, von Baden bei Wien, die Herkules-Bäder von Mehadia bei Orsowa an der Donau, Barèges in den Pyrenäen, Aix in Savoyen, Abano in den Euganeen u. a. m.

11. Sauerwasser. Die stärkeren Sauerwasser oder Säuerlinge, die in einem Pfund Wasser 20 bis 60 Kubikzoll Kohlensäure enthalten, sind meist relative Thermen von so niedriger Temperatur, daß sie als kalte oder laue Quellen betrachtet werden. So S. Moritz im Ober-Engadin mit 7°, S. Bernardino im Misocco-Thal mit 9°, Schuols im Unter-Engadin mit 10°, Driburg mit 10°, Brückenau mit 10°, Rippoldsau mit 10°, Geilnau mit 11°, Rohitsch mit 11°,25, Schwalbach mit 11°,25, Selters mit 16°,87.

Ueberblicken wir nun diese 11 Abtheilungen, so sehen wir, daß einige Arten der Zusammensetzung nur bei kalten Quellen, andere nur bei warmen, die übrigen sowohl bei kalten als bei warmen Quellen sich finden. Sauerwasser, Eisenwasser und Bitterwasser sind bisher nur in kalten oder fast kalten Quellen vorgekommen; reine Quellwasser und Kieselwasser nur in heißen; die übrigen sechs Arten finden sich in Wassern von den verschiedensten Temperaturen. Man könnte hieraus den Schluß ziehen, daß die eine Art der Mineralquellen sich nur in der Nähe der Oberfläche, die andere nur in der Tiefe der Erdschichten bildet, daß die übrigen Arten aber sich in verschiedener Tiefe zu bilden vermögen; doch steht dieser Schluß nicht auf ganz sicheren Füßen, weil die Temperatur der Quellen nicht bloß von der Tiefe, aus der sie hervorkommen, abhängig ist. Auch die Natur und Beschaffenheit des Bodens, so wie die Nähe vulkanischer Wärmequellen ist hier von Einfluß.

Wir haben gesehen, daß man Thermen jeder Temperatur unter allen Breiten findet, auch die Erhebung über die Meeresfläche steht in keiner Beziehung zu der Temperatur der Thermen, nur zwischen der Lage vieler Thermen und der Bodengestaltung ihrer Umgebung besteht ein auffallendes Verhältniß. Die Mehrzahl heißer Quellen, die in Gebirgsländern entspringen, treten aus dem Grunde tiefer und wilder Schluchten hervor, sie liegen in engen Spalten oder Kesselthälern umschlossen von himmelhohen meist nackten Felswänden. So die Thermen von Gastein, Pfäffers, Leuk, Wyssenburg, Gervais, Bormio, Karlsbad, Plombières, Mont-Dore, Barèges. Auch die heißen Quellen des Himalayah entspringen in schauerlich tiefen Felsthälern. Oder die Thermen liegen in Engpässen im Querschnitt größerer Ketten: so Lavey an der Rhone bei S. Maurice, Baden bei Zürich, Schinznach, Digne in der Provence. Freilich zeigt sich diese Beziehung bei einigen heißen Quellen weniger deutlich, wie bei Aachen, Töplitz, Aix, Lucca, Albano, Wiesbaden u. a. m., aber doch läßt sich immer leicht die Verbindung mit größeren nahegelegenen Gebirgsmassen nachweisen. Die Quellen brechen dann meist am Rande derselben hervor.

Eine unverkennbare Beziehung macht sich auch zwischen den Thermen und den Gesteinsarten ihrer Umgebung sichtbar. In vulkanischen Gegenden sind heiße Quellen besonders häufig; es mag die vulkanische Thätigkeit noch fortdauernd wirksam sein, wie in der Umgebung von Neapel, auf Island, auf Neu-Seeland, oder nur aus den Producten, die sie hinterlassen hat, aus Lavenmassen, aus Trachyten und Basalten erkannt werden, wie in den Euganeen, in Toscana, in der Auvergne und in Böhmen. In den Alpen, im Himalayah und am Cap vermißt man zwar diese Beziehung zwischen den Thermen und der Gesteinsart, aber, als ob der eine Charakter den anderen vertrete, so sind gerade diejenigen Thermen durch die schluchtartige Gestaltung ihrer Umgebung ausgezeichnet, in deren Nähe keine Spur vulkanischer Gesteine gefunden wird. Sie quellen aus dem Innern des Gebirges, das durch jene tiefen Spaltenthäler aufgeschlossen worden ist, und bringen von dort die hohe Temperatur und die eigenthümlichen Bestandtheile mit hervor.

Neunzehnter Brief.

Gas-Quellen und Salsen.

Die Erklärung des Ursprungs der heißesten Thermen aus der Verdichtung heraufdringender Wasserdämpfe wird unterstützt durch das Ausströmen von Wasserdampf aus Spalten und Oeffnungen des Bodens in nächster Umgebung solcher Quellen. Der Boden in der Nähe des großen Geysir auf Island zeigt eine Menge von Oeffnungen, zuweilen im Gipfel kleiner Kegel von Kieselsinter, aus denen entweder Wasserdampf oder heißes Wasser ausströmt.

In noch größerer Mannigfaltigkeit zeigen sich diese Ausströmungen von Wasserdampf (Fumachi, Fumarole) in den Lagoni von Toscana, im westlichen Hügellande der Provinz Siena. Die Lagoni sind kleinere und größere, mit schwärzlich grauem, schlammigem Wasser erfüllte Pfützen, durch welches aus Spalten des Bodens (Suffioni), in kurzen Intervallen, mit dumpfem Getöse heiße Dämpfe aufsteigen und das Wasser in Kegeln erheben, oder oft auch viele Fuß hoch emporschleudern. Zuweilen fehlt das Wasser und die Dämpfe dringen unmittelbar aus dem festen oder erweichten Schlammboden oder aus Felsspalten hervor. Ihre Gewalt ist dabei oft so bedeutend, daß auf die Spalte gelegte Steinchen mehrere Klafter hoch geworfen werden. Mitunter verlassen die Dämpfe eine alte Oeffnung und brechen sich neue Wege, wobei sie jedoch immer in bestimmter Richtung, vom tieferen Abhang nach dem höheren hin, fortschreiten. Zehn bis zwanzig Teiche und eine größere Zahl trockener Oeffnungen sind, meist staffelweise, längs einem Abhange des sehr durchschnittenen Hügellandes vertheilt, und die Dampfausströmungen hüllen die Gegend in weiße, schwefel- und laugenartig riechende Nebel ein. Der Boden ist ohne Spur von Vegetation, an vielen Stellen brennend heiß und unter den Tritten wiederhallend. Die Oberfläche wird durch eine Kruste von verhärtetem Schlamm gebildet, aus welchem

hin und wieder auch fester Fels hervorragt, in geringer Tiefe aber ist der Schlamm weich und flüssig und der darüber Schreitende läuft, wie auf Torfmooren, Gefahr durchzubrechen und in die siedend heiße Masse zu versinken. Die Temperatur in den Löchern der Suffioni schwankt zwischen 97° und 100°, diejenige des Wassers in den Lagoni steigt auf 93° bis 95°.

Zugleich mit dem Wasserdampf entwickeln sich durch die Suffioni mannigfaltige andere Gase und Dämpfe, unter denen besonders Kohlensäure, atmosphärische Luft, Stickstoff und Schwefelwasserstoff, letzterer in kleinen Mengen, anzuführen sind. Außerdem findet sich Borsäure, Salzsäure und Schwefelsäure im Wasser der Lagoni gelöst. Letztere bildet mit den Bestandtheilen des Bodens Gyps, Alaun, Eisenvitriol, Bittersalz und andere Salze, die sich hin und wieder ausscheiden. Auch Schwefel wird durch die Zersetzung des Schwefelwasserstoffs gebildet und bekleidet krystallinisch oder dicht die Spalten im Boden und in den Felsen.

Auch in anderen Gegenden kommen solche Dampfausströmungen zum Vorschein. So auf der Nordseite des Epomeo auf der Insel Ischia, wo an vielen Stellen, in der Umgebung der heißen Quellen, Wasserdämpfe aus Felsspalten hervordringen und zu Dampfbädern benutzt werden. Auch in dem Meerbusen von Bajae, zwischen Ischia und Neapel, dringen reine Wasserdämpfe, deren Temperatur dem Siedepunkte nahe steht, aus Höhlungen des vulkanischen Tuffes hervor und dienen seit den ältesten Zeiten zu Bädern. Sie führen noch heute den Namen der Bäder des Nero.

Dieselben Erscheinungen zeigt in größeren Verhältnissen die Solfatara bei Puzzuoli, unweit Neapel. Heiße rauchähnliche Dampfsäulen, mit Schwefelwasserstoff gemengt, steigen im östlichen Theile dieses alten Kraterbodens aus einer zahllosen Menge von Spalten und Oeffnungen, in den durch ihre Einwirkung zersetzten Laven und Tuffen hervor. Durch die Verdichtung des stärksten Dampfstroms erhielt man eine Quelle, die in 24 Stunden 80 Kubikfuß Wasser lieferte, was in der Minute beinah 4 Pfund Wasser austrägt. Der ausgeschiedene Schwefel bildet an den Ausgangsstellen der Dämpfe Krystallgruppen und Krusten oder durchdringt in Adern und Knollen

die aufgelockerte Oberfläche in Vereinigung mit Eisenkies, Gyps, Salmiak, Alaun, Eisenvitriol, Bittersalz und Glaubersalz.

Aehnliche Ausströmungen finden sich auf den Liparischen Inseln, bei Sciacca auf der Südseite von Sicilien, auf der ganz vulkanischen Insel Pantellaria, zwischen Sicilien und Afrika, und bei den berühmten Thermen von Hammam-mes-Kutin (die verwünschten Bäder) in der Provinz Constantine. Hier findet ein reiches Ausströmen von Wasserdampf statt, welches die Wasser der Hauptquelle auf 95° erhält und die Umgebung in Nebel hüllt. Dabei zeigt sich Entwickelung von Kohlensäure und Schwefelwasserstoff, mächtige Ablagerung von Travertin (Kalktuff), Incrustation von Schwefel, Bildung von Gyps, Eisenkies und Vitriol, und der Boden unter dem Auftreten wiederhallend, und an vielen Stellen sehr heiß.

Alle bisher angeführten Localitäten, in denen Wasserdämpfe ausgestoßen werden, stehen mehr oder weniger direct mit der vulkanischen Thätigkeit in Verbindung, seltener findet man Ausströmungen von Wasserdampf in nicht vulkanischen Gegenden. In der Nähe von Montpellier, dessen mittlere Temperatur 17° beträgt, dringen Wasserdämpfe von 23° Wärme aus Spalten von Kalkfelsen hervor und in Höhlen, welche über 100 Fuß abwärts führen, hält sich die Temperatur constant auf 21°,5. Auch in der Nähe entspringende Quellen zeigen 21° bis 22° Wärme. Das sind zwar niedrige Temperaturen, doch weisen sie auf das Bestimmteste darauf, daß für die Wasserdampf-Ausströmungen derselbe Ursprung anzunehmen sei, dem wir die Thermen zugewiesen haben.

Obgleich bedeutende Mengen von Kohlensäure mit Quellwassern zugleich hervordringen, so finden sich doch auch fortdauernde Ausströmungen von gasförmiger Kohlensäure (Mofetten) getrennt von den Sauerwassern, eben so wie Ausströmungen von Wasserdämpfen unabhängig von Thermen vorkommen.

„Wir können, sagt Hoffmann, den ansehnlichen Landstrich auf dem linken Ufer der Weser, in der Strecke von Karlshafen bis Vlotho und bis an den Abhang des Teutoburger Waldes, als eine siebähnlich durchlöcherte Oberfläche ansehen, aus deren am vollkommensten geöffneten Zerspaltungen sich heute noch die Gasarten hervordrängen, welche fortwährend

in der Tiefe, auf der Werkstätte des vulkanischen Heerdes, durch uns noch unbekannte Processe entwickelt werden." Mit Mineralquellen kommt in dieser Gegend die Kohlensäure vor zu Rehme, Pyrmont, Driburg, Meinberg und Hof-Geismar, in Gasquellen erscheint sie in der Dunsthöhle bei Pyrmont und an vielen anderen Stellen. In der Dunsthöhle schwankt die Höhe der Gasschicht zu verschiedenen Zeiten zwischen 2 und 8 Fuß, doch auch in dieser Schicht sind nur 13,5 p. c. Kohlensäure, das Uebrige ist atmosphärische Luft. „In der sumpfigen Wiesenfläche von Istrup, sagt Hoffmann ferner, sah ich Schlammhügel von 15 bis 20 Fuß Höhe und wohl 100 Fuß Umfang durch diese Gasströme aufgeworfen und an ihrer Oberfläche zahllose kleine Wasserbehälter oder Pfützen, deren Oberfläche fast fortwährend in brodelnder Bewegung durch faustgroße Blasen von Kohlensäure erhalten wird. Die Gasquelle am südlichen Abhange eines Hügels bei Brakel hat Gesteine ausgeworfen, welche fast an die Nähe des durch jüngere Bildungen weithin verborgenen Uebergangsgebirges erinnern und die sich nirgends mehr auf dieser Hochfläche wiederfinden."

Auffallend reich an Ausströmungen von Kohlensäure sind die Eifel und die Umgebungen des Laacher-Sees. Wir haben durch Bischof über diese Erscheinungen eben so genaue als umfassende Belehrung erhalten. Es kommen diese Exhalationen keineswegs aus den alten Kratern dieser Gegenden herauf, sondern sie brechen zumeist in benachbarten, tief eingeschnittenen Thälern hervor. Nur der Laacher-See selbst und das Kesselthal bei Wehr machen eine Ausnahme. Nicht nur am Ufer des Sees, sondern auch in dem See selbst bemerkt man Entwickelungen von Kohlensäure, doch nur an Stellen, wo das Wasser nicht über 2 Fuß tief ist. Eine einzige Gasquelle im Brohlthal, keineswegs die stärkste der Gegend, gab nach Bischof's genauen Messungen täglich 4250 bis 5650 Kubikfuß Kohlensäure, was jährlich ungefähr 200,000 bis 250,000 Pfund ausmacht. Nach ungefährer Schätzung betragen die sämmtlichen Ausströmungen in der Umgebung des Laacher-Sees gewiß 1000 Mal soviel, so daß täglich dort 600,000 Kubikfuß Kohlensäure aufsteigen. Außer diesen Quellen in der Umgebung des Laachersees und im Brohlthal, kommen dergleichen auch in der

hinteren Eifel vor, so in dem Brudeldreis bei Birresborn und dem Wallerborn bei Hetzerath, wo die Kohlensäure aus Spalten des Grauwackengebirges, wie aus einem Blasebalge, durch das sie gewöhnlich sperrende Wasser mit solcher Heftigkeit ausströmt, daß man das Geräusch mehrere hundert Schritte weit hören kann.

Kohlensaures Gas steigt auch in außerordentlich großer Menge in der Nähe von Marienbad in Böhmen aus der Erde. Vorzüglich durch das große Moorlager hinter dem Badehause. Es herrscht auch auf jenem Moor ein starker Geruch nach Schwefelwasserstoff und an vielen Stellen setzt sich Schwefel ab. Eine der mittleren Gasquellen von Marienbad giebt täglich 3600 Kubikfuß Gas. Die vulkanischen Gegenden der Auvergne und des Vivarais im südlichen Frankreich zeigen ebenfalls häufige Exhalationen freier Kohlensäure. Ueberall um Clermont, zumal aber am Wege nach Royat, in der Ebene von Salins, giebt es Mofetten; wo man nur ein Loch in den Boden stößt, da strömt Gas aus und in den Bergwerken von Barbecot bei Pont-Gibaud dringt es aus allen Klüften des Erzganges brausend und pfeifend hervor.

In Italien sind vorzüglich die Mofetten von Pereta im südwestlichen Toscana, von Latera südlich von Acquapendente und die Hundsgrotte vom Agnano-See bei Neapel genauer untersucht worden. Bei Pereta entwickelt sich die Kohlensäure zugleich mit Schwefelwasserstoff in den Schwefelgruben und auch zu Latera wird seit ältester Zeit Schwefel gewonnen. In der bekannten Hundsgrotte wird die Schicht von Kohlensäure nur auf 8 bis 10 Zoll vom Boden angenommen, die Grotte selbst von geringer Breite und Tiefe scheint künstlichen Ursprungs zu sein. In geringer Entfernung vor derselben befinden sich heiße Ausströmungen von Wasserdampf und Schwefelwasserstoff.

Von außereuropäischen Gegenden verdient besonders Java noch genannt zu werden, wo viele Kohlensäure-Quellen in der Nähe der dortigen Vulkane vorkommen. Das sogenannte Thal des Todes oder Pakaraman im Gebirge Djeng hat eine gewisse Berühmtheit erlangt, indessen haben sich frühere Reisende große Uebertreibungen bei den Schilderungen desselben erlaubt. Junghuhn, der durchaus zuverlässige Kenner von Java, hat

dieses berüchtigte Todesthal 13 Mal besucht und fand nur 4 Mal Kohlensäure darin. Es ist ein länglich runder Kessel, oben etwa 100 Fuß, unten 50 Fuß im Durchmesser, dessen von üppigem Gebüsche bedeckte Wände ziemlich steil abfallen. Aus dem Grunde dieses Kessels entwickelt sich, auf einer Stelle von ungefähr 15 Fuß im Durchmesser, dann und wann, besonders nach vorhergehenden Regen, viel Kohlensäure, durch die allerdings sowohl Menschen als Thiere, welche in die Tiefe gerathen, um's Leben kommen.

Die Temperatur der Mofetten ist, wenn nicht gleichzeitig heiße Wasserdämpfe ausströmen, von der Mitteltemperatur des Erdbodens wenig oder gar nicht verschieden. Dennoch glaubt man durch das Gefühl in den Höhlen, worin Mofetten vorkommen, besonders an den unteren Extremitäten, einen beträchtlich hohen Wärmegrad wahrzunehmen. In der Grube von Quindiu, erzählt Boussingault, würde man die Temperatur auf 40° schätzen, das Thermometer zeigt jedoch nur 20° an. Auch in der Schwefelgrube von Pereta scheint die Hitze außerordentlich groß, obgleich das Thermometer unter 20° bleibt. In der Hundsgrotte ist die Temperatur dieselbe oder nur um wenige Grade höher, als in der äußeren Luft. In den Schwefelhöhlen von Büdöshezy in Siebenbürgen hat man sogar nur 11° bis 12°,5 im Innern beobachtet, während die Lufttemperatur 22°,5 bis 24° betrug.

Woher die große Menge Kohlensäure stammt, die in den Mofetten und Sauerwassern, an vielen Orten seit Jahrtausenden ohne Unterbrechung, ausströmt, muß wohl einstweilen unentschieden bleiben. Daß überall der nämliche Proceß ihr die Entstehung gebe, ist nicht wahrscheinlich. Die Kohlensäure, welche sich in Kohlenbergwerken findet, kann nicht wohl einerlei Ursprung haben mit den Ausströmungen in unmittelbarer Nähe der Vulkane, und ob diese wieder auf dieselbe Weise gebildet werde, wie die Kohlensäure in Säuerlingen und artesischen Quellen, ist sehr fraglich. Bischof vermuthet, daß eine fortdauernde Bildung von Laven im Erdinnern, auf Kosten von kohlensaurem Kalk und anderen Steinarten, Ursache der so mächtigen Entwickelung der Kohlensäure sei. Er berechnet, nach dem Kalkerdegehalt des Basaltes, daß die Bildung eines Ba-

saltkegels von 2500 Fuß Höhe im Stande sei, die stärkste Gasquelle der Eifel beinahe eine Million Jahre hindurch zu speisen. Indessen bedarf diese Art der Erklärung doch noch bedeutender Stützen, um eine wissenschaftliche Wahrscheinlichkeit zu gewinnen.

In Kohlengruben erscheint gar häufig eine entzündliche Gasart, welche bei den Bergleuten unter den Namen schlagende Wetter oder feurige Schwaden bekannt ist. Auch aus Sümpfen entwickelt sie sich und führt dann den Namen Sumpfgas. Auch die entzündlichen Gasarten, welche zuweilen aus dem Erdboden oder aus Bohrlöchern und Steinbrüchen hervorbrechen und in hohen Flammen Monate und Jahre lang fortbrennen, sind Gase ähnlicher Art, nämlich Kohlenwasserstoff, meist gemengt mit etwas Kohlensäure oder Kohlenoxydgas.

Seit älterer Zeit sind brennbare Gase bekannt, welche in den Salzwerken von Klein-Saros in Ungarn und zu Szlatina in Siebenbürgen ausströmen und zum Theil benutzt werden. Ein ähnlicher Gasstrom findet sich auf der Saline Gottesgab bei Rheina in Westphalen. Bekannt sind die Feuerbrunnen im westlichen China, deren im Kosmos ausführlicher gedacht ist; auch sie kommen zum großen Theil aus Bohrlöchern, welche zugleich Salzquellen liefern. Man leitet Gas und Soole durch Bambusröhren fort und kocht bei demselben Gase das Salzwasser ein, das mit ihm den Erdtiefen entströmte. Die Gasquellen im Apenninen-Gebirge sind seit mehreren Jahrhunderten berühmt und vielfach beschrieben worden. Sie finden sich besonders an der Pietra mala, zwischen Bologna und Florenz, bei Barigazzo, zwischen Modena und Pistoja, und bei Velleja im Herzogthum Parma. An diesen Orten dringt das brennbare Gas an mehreren Stellen aus dem Boden und bildet, wenn es angezündet wird, kleine blaue und größere gelbe Flammen, bis etwa 6 Fuß hoch, ohne Rauch, die Unterseite der Steine jedoch mit schwachem, ölichtem Ruß beschlagend. Die Temperatur des nicht brennenden Gases stimmt mit der mittleren Bodentemperatur ganz nahe überein. Da in denselben Gegenden der Apenninen, wo diese Erdfeuer vorkommen, auch Salzquellen und Bergölquellen bekannt sind, so scheint dies auf einen Zusammenhang aller drei Erscheinungen hinzuweisen, den

schon frühere chemische Untersuchungen wahrscheinlich gemacht haben.

Die berühmtesten, seit wenigstens 900 Jahren bekannten Kohlenwasserstoffquellen, sind die heiligen Feuer, zu Atesch-gah (Feuerheerd), 2 Meilen von Baku, auf der Halbinsel Abscheron, am Westufer des kaspischen Meeres. Die Gasquellen sind von den dortlebenden feueranbetenden Perser in einzelne Kanäle geleitet und in tempelartige Gebäude vertheilt worden, aus deren schlottbildenden Pfeilern sie in mächtigen Flammen hervorbrechen. Sie vertheilen sich auf einen ansehnlichen Raum, der, ähnlich wie unsere Kirchhöfe, größere und kleinere Monumenten ähnliche Gebäude trägt, welche alle mit Flammen geschmückt sind. Die Menge der entwickelten Gase ist sehr bedeutend, denn nicht bloß auf dem Festlande, sondern auch im Wasser brechen sie hervor. Abich berichtet von einer Stelle im Golf von Baku, wo das Gas mit solcher Heftigkeit und in so großer Menge aus einer Tiefe von 11 Fuß heraufkommt, daß sich ein Kahn in der Nähe kaum zu halten vermag. Uebrigens findet sich hier wieder ein Zusammenvorkommen von Gas, Bergöl und Steinsalz. Ebenfalls seit Jahrtausenden heilig verehrt und mit einem Hindutempel überbaut ist der Feuerbrunnen Jualamuki bei Nadaun im Alpenlande des Pendschab. In Mesopotamien, zwischen Mossul und Bagdad, so wie im südlichen Theil von Kurdistan sind Quellen von brennbarem Gase und von Bergöl an sehr vielen Orten bekannt.

Auch in Nord-Amerika sind Ausströmungen von Kohlenwasserstoffgas eine sehr häufig vorkommende Erscheinung. Sowohl im Staate New-York, als auch an vielen anderen Punkten im Gebiete der großen Nordamerikanischen Salzformation, liefern die meisten Bohrbrunnen mit der Salzsoole nicht nur eine große Menge Kohlenwasserstoffgas, sondern auch viele zugleich Naphtha. So in den Staaten Pennsylvanien, Ohio, Kentucky und Virginien, wo mitten im Zuge der Salinen eine natürliche sehr starke Gasquelle (the Burning Spring) zum Vorschein kommt. Im Dorfe Fredonia sammelt man das Gas, um es zur Beleuchtung zu benutzen. Die ewigen Feuer Merapi bei Tjohra, östlich von Samarang auf Java, brechen in thonigem Boden aus einigen trichterförmigen Löchern von 8 bis

14 Zoll Tiefe hervor. Bei Tage kaum sichtbar sollen die Flammen bei Nacht eine grünliche Farbe haben.

Wird zugleich mit dem Kohlenwasserstoff-Gas feuchter Schlamm ausgestoßen, so entstehen sogenannte Schlamm-Vulkane oder Salsen. Das mit dem Thonschlamm hervortretende Wasser enthält nicht nur gewöhnlich etwas Kochsalz, sondern führt zuweilen auch Naphtha, wie denn überhaupt Bergölquellen in der Nähe der Salsen vorzukommen pflegen. In der Regel ist dieser Schlamm kalt und nur selten zeigt er eine etwas höhere Wärme als die Mitteltemperatur der betreffenden Gegend. Die Gase, durch deren Entwickelung er hervorgetrieben wird, sind in verschiedenen Gegenden nicht ganz dieselben. Vorwaltend bestehen sie aus Kohlenwasserstoff, mitunter wird nur Kohlensäure, ja sogar nur Stickstoff angegeben. Offenbar sind sie nur Gasquellen, welche an Stellen zu Tage kommen, wo sie Gelegenheit finden einen feuchten, oft salzhaltigen Schlamm mit sich fort zu führen. Indem nun diese, meist unter einem zischenden Geräusche hervorbrechenden Gase den halbflüssigen Schlamm mit sich heraustreiben, so häuft sich derselbe allmälig um die Ausbruchsöffnung zu einem kegelförmigen Hügel an, dessen Gipfel mit einem kleinen trichterförmigen Krater versehen ist, aus welchem der Schlamm hervorquillt. Das Gas treibt ihn in Blasen auf, welche oben zerplatzen, worauf ein Theil überfließt, während ein anderer in den Trichter zurücksinkt, um mit den nachquillenden Massen dasselbe Spiel zu wiederholen. Bei manchen Salsen findet die Gas-Entwickelung jedoch heftiger statt, so daß der Schlamm stark aufbrodelt oder auch mehrere Fuß hoch aufgeschleudert wird.

Die so gebildeten Kegel sind meist klein, selten mehr als 100 Fuß hoch. Die kleineren kommen gewöhnlich in großer Zahl nahe bei einander vor. Dann bilden sie auf diese Weise eine große Thonfläche oder einen flachen Hügel, der bei anhaltenden Regen sich in einen großen Schlammpfuhl verwandelt, aus dem die Gase an verschiedenen Stellen hervorbrechen. Tritt wieder trockene Witterung ein, so stellen sich die alten Zustände wieder her. Diese ruhigen, gleichförmigen Vorgänge werden bei den Salsen jedoch mitunter durch heftige Katastrophen unterbrochen. Unterirdische Donner und erdbebenartige Erschütte-

rungen gehen Ausbrüchen voran, bei denen Schlamm, Steine, sogar Felsblöcke weit umher geschleudert werden und Flammen- und Dampf-Massen hoch in die Luft aufsteigen. Dabei werden auch ansehnliche Schlammströme ausgestoßen und über die Umgebung verbreitet.

Strabo erwähnt bereits der Schlammkegel nördlich von Agrigent auf Sicilien. Eine genauere Beschreibung der Oertlichkeit, so wie der ganzen Erscheinung, besitzen wir durch Dolomieu, welcher die sogenannte Moccaluba im Jahre 1781 untersuchte. Sie bildet einen sehr flachen abgestumpften Hügel von etwa einer ½ Miglia Umfang und 150 Fuß Höhe, dessen Gipfel mit einer großen Menge kleiner Kegel besetzt ist, von denen die größten etwa 3½ Fuß, die kleinsten oft nur einige Linien hoch sind, während jeder auf seinem Gipfel eine trichterförmige Vertiefung hat. Der Boden, auf welchem diese Kegel stehen, ist ein grauer, nach allen Richtungen zerborstener Thon, und das starke Schwanken, welches man beim Gehen empfindet, beweist deutlich, daß man sich nur auf einer Kruste von ausgetrocknetem Thone befindet, die einem weichen halbflüssigen Grunde aufliegt. Aus der Tiefe eines jeden der kleinen Kegel quillt flüssiger Schlamm aus, welcher bis an den Rand des kleinen Kraters aufsteigt, und sich dann zu einer Halbkugel aufbläst, die endlich mit einem Geräusche, ähnlich dem, wenn der Kork aus einer Flasche gezogen wird, zerplatzt. Dabei wird der die Blase bildende Schlamm umhergeschleudert, während der übrige in den Krater zurücksinkt, um nach 2 bis 3 Minuten wiederum aufzusteigen. Die Zahl der auf diese Weise arbeitenden Kegel betrug über 100, ist aber sehr veränderlich, eben so wie ihre Lage und Größe. Außer ihnen giebt es auch Löcher von 1 oder 2 Zoll im Durchmesser, mit trübem, salzigem Wasser erfüllt, aus welchen unaufhörlich Luftblasen aufsteigen.

Anders beschreibt ein neuerer Reisender Parthey, der zwar kein Naturforscher, aber überall ein feiner Beobachter ist, den Zustand der Stelle und der Umgegend von Girgenti*) im

*) Ich habe die vortreffliche Schilderung sicilianischer Landschaft nicht fortlassen mögen, obgleich sie nicht nothwendig zu dem Bilde des Moccaluba gehört.

Jahre 1822. „Früh um 6 Uhr stiegen wir zu Pferde, um den Schlamm-Vulkan, die Moccaluba, zu besuchen. Man hat 4 bis 5 Stunden zu reiten, und da in der ganzen Gegend kein Unterkommen zu finden ist, so thut man wohl sich mit Mundvorrath zu versehen. Der Weg zieht sich nordwestlich von der Stadt in die Berge hinein, bleibt aber ohne Unterbrechung auf einer hohen kornbedeckten Ebene, wo man immer eine zwar weite, aber einförmige Aussicht hat. In großen Entfernungen liegen die unbedeutenden Ortschaften meist auf steilen Bergspitzen, zu manchen Feldern müssen die Besteller meilenweit herkommen. Kaum ein Paar Menschen begegneten uns auf dem langen Wege, und ich mag nicht läugnen, daß diese fruchtbare Einsamkeit etwas höchst Ermüdendes, ja Langweiliges hatte, je länger wir darin fortzogen. Die wogenden Kornfelder sind nur dann für das Auge erquicklich, wenn gleich daneben sich die freundlich beschattete Wohnung des Landmannes darstellt, wodurch Arbeit und Genuß sich in unseren Gedanken verbinden; aber hier ist ein eben so großer Mangel an Bäumen als an Menschen, und man kam in Versuchung, die herrliche Frucht für ein freiwillig aufsprossendes Geschenk der Demeter zu halten. Die Baumlosigkeit, welche im Allgemeinen in Sicilien herrscht, steht in genauer Wechselwirkung mit dem Mangel an Quellen und Bächen, während die mehlreichen Gräser nur wenig Nässe brauchen, um zu gedeihen. — Nach und nach gelangt man in das völlig wüste Gebirge, bleibt aber immer auf einer weit gestreckten hügeligen Fläche. Als der Führer in der Ferne die Moccaluba zeigte, sahen wir vergebens nach irgend einer Erhöhung aus; daß kein hervorragender Spitzkegel, wie etwa der Vesuv, zu suchen sei, hatten wir schon in Girgenti erfahren; aber nicht einmal ein bedeutender Hügel war zu sehen, der das Vorkommen dieser merkwürdigen Erscheinungen bezeichnete. Wir ließen die Pferde am Wege und stiegen ein sanft geneigtes Feld hinauf, auf dessen Höhe sich das wunderbarste Schauspiel entfaltete. Rings umher am Boden öffneten sich eine Menge unscheinbarer Löcher, aus denen in regelmäßigen Zwischenräumen mit Gezisch kleine Luft-Explosionen erfolgten. Zugleich erhob sich ein weißer, äußerst feiner Mergelschlamm, der im trägsten Laufe von den höheren Stellen herabfloß; je mehr er

sich von dem kleinen Luftloch entfernte, desto grauer ward er, und es zeigte sich bald, daß das ganze Feld, worauf wir standen, damit überdeckt war. Die Erscheinung des Aufstoßens läßt sich, so gemein das Bild auch ist, mit Nichts passender vergleichen, als mit einer schlecht verkorkten Bierflasche, wo die entweichende Luft etwas Hefe und Schaum mit fortreißt, die sich neben der Oeffnung ansetzen. So wenig Auffallendes, geschweige denn Imposantes, die Stelle hat, so gereute uns doch der Weg nicht. Da die Löcher nur klein sind, so versuchten wir eins mit dem Stocke zu verstopfen; die Explosionen hörten gänzlich auf; aber unvermuthet öffnete sich an einer tiefer gelegenen Stelle, ungefähr 5 bis 6 Fuß von der ersten, ein kleiner Krater, und spritzte mit größerer Heftigkeit die weiße Masse umher. Der Versuch ließ sich öfter wiederholen, und zeigte deutlich, daß alle die kleinen Luftkanäle in geringer Tiefe unter dem Boden in Verbindung stehen."

An der Nordseite des Apennin liegt eine ganze Reihe solcher Salsen in der äußersten Hügelreihe gegen die Ebene hin. Feste Gesteine stehen hier nicht mehr an, sondern Geröll, Thon und Sandmassen bilden die Vorberge, mitunter bis zu ansehnlichen Höhen. Die nordwestlichste ist Lusignano in Parma, dann folgen Canossa, Sassuolo, Querzola, Maina u. a. in Modena, und als südöstlichste Bergullo, jenseit Imola. Alle tragen denselben Charakter, ganz mit dem der Moccaluba übereinstimmend. Kleine Schlammkegel stoßen brennbare Gase, so wie Bergöl aus und zeigen von Zeit zu Zeit heftigere Ausbrüche.

Großartiger tritt die Erscheinung auf der Halbinsel Taman, die man jedoch keineswegs als eine Fortsetzung des Kaukasus ansehen darf, und auf dem gegenüberliegenden Ostende der Krim, bei Kertsch, auf. Dort ragen die Schlammkegel zum Theil als Hügel von 100 bis 250 Fuß Höhe hervor, zeigen aber sonst ganz dieselben Erscheinungen wie die Moccaluba und die Salsen am Apennin. Der Kuku-Oba, ein auf der Spitze der Halbinsel Taman, fast aus der Meeresfläche, sehr regelmäßig aufsteigender 260 Fuß hoher Kegel, hatte im Jahre 1794 eine sehr starke Eruption, bei welcher unter donnerähnlichem Getöse und einer über 50 Stunden weit verspürten Erschütterung eine hohe Feuersäule aufstieg, welche von dicken schwarzen

14*

Rauchwolken begleitet war, worauf ein Ausfluß von sechs Schlammströmen erfolgte, deren einer 2500 Fuß lang war, während die ganze Masse des von ihnen gelieferten Schlammes auf 22 Millionen Kubikfuß veranschlagt wird. Aehnliche Eruptionen sind in neuerer Zeit wiederholt vorgekommen. Bergölquellen finden sich auch hier in der Nähe, und das ausströmende Gas ist durch genaue Analysen als vorwaltend Kohlenwasserstoff nachgewiesen worden.

Auch die Gegend von Baku, welche nördlich vor dem anderen Ende des Kaukasus vorliegt, am Ufer des Kaspischen Meeres, deren Gas- und Bergölquellen wir schon erwähnt haben, hat Schlamm-Vulkane aufzuweisen. Die meisten derselben liegen auf einem Hügel bei dem Dorfe Balkhany, mitten im Gebiet von 84 Naphthabrunnen; ein anderer bedeutenderer Schlammhügel, der mit vielen bis 20 Fuß hohen Thonkegeln besetzt ist, erhebt sich in Süd-Süd-West von Baku. Zwei Meilen westlich von Baku, bei dem Dorfe Jokmali, fand 1827 aus einer großen Salse ein heftiger Ausbruch statt, dessen im ersten Bande des Kosmos näher Erwähnung geschieht. Ebenso giebt Humboldt speciellere Nachweisungen über die Salsen von Turbaco, unweit Carthagena in Columbien, so wie über einen Ausbruch in jener Gegend im vierten Kosmos-Bande. Wir geben nachstehend eine Abbildung der Salsen von Turbaco nach Humboldt's Ansichten aus den Cordilleren, da uns Abbildungen anderer Salsen nicht bekannt sind.

Auf den Inseln Ramri und Tschebuda an der Küste von Hinter-Indien kommen ebenfalls Salsen vor. Auf Tschebuda erheben sich mehrere Hügel von 100 bis 1000 Fuß Höhe, welche aus grauem Thon bestehen, an ihren Gehängen vom Regenwasser tief durchfurcht, und auf ihrem Gipfel kahl sind. Dort liegen viele, einige Zoll bis mehrere Fuß hohe, sehr regelmäßig gestaltete Kegel, welche theils flüssigen Thonschlamm, theils nur heißes Wasser ausstoßen. Bei Regenwetter arbeiten sie am heftigsten und werfen bisweilen sogar Steine aus; auch sollen mitunter Feuerflammen aus ihnen aufsteigen. In der Nähe befinden sich viele Quellen von Erdöl.

Endlich verdient noch die Salse von Kuwu auf Java um ihrer Anwendung Willen erwähnt zu werden. Südlich vom

Fig. 18.



Dorfe Kuwu, drei Meilen von Purwodadi, breitet sich eine völlig kahle Schlammfläche von 5000 Fuß Länge und mehr als 1000 Fuß Breite aus. Der Schlamm ist meist trocken, stellenweise aber weich und flüssig. An diesen Stellen schwillt er von Zeit zu Zeit blasenförmig auf bis zu 10 und 15 Fuß Höhe, worauf die großen Schlammblasen mit einem dumpfen Knalle zerplatzen. Der Schlamm wird dabei 20 bis 30 Fuß hoch nach allen Richtungen fortgeschleudert und bläuliche Dämpfe von einem jodähnlichen Geruche entweichen. Das Wasser dieser Salse enthält 2,75 p. c. Kochsalz und wird daher von den Bewohnern der Gegend eingedampft, wodurch jährlich 1½ Mill. Pfund Kochsalz gewonnen werden.

Aus der ganzen vorhergehenden Darstellung ergiebt sich deutlich, daß wir es bei den sogenannten Schlamm-Vulkanen keineswegs mit einer vulkanischen Thätigkeit zu thun haben, sondern daß es Gasquellen sind, wahrscheinlich von der fortschreitenden Zersetzung fossiler Pflanzen herrührend, die bei ihrem Hervordringen durch nasse Thon- oder Mergellagen jene kleinen vulkanähnlichen Erscheinungen hervorrufen, welche, mitunter in größere Explosionen ausartend, ihnen den Ruf der Vulkane gebracht haben.

Zwanzigster Brief.

Zusammenhang der Erdbeben und Vulkane.

Wenn wir in den letzten Worten des vorigen Briefes den unmittelbaren Zusammenhang der Salsen und Vulkane geläugnet haben, so wollen wir dagegen jetzt den innigen Zusammenhang nachzuweisen suchen, in welchen Erdbeben und eigentlich vulkanische Erscheinungen von der Natur gebracht sind. Es handelt sich hier nicht um eine künstliche Verknüpfung einander fernstehender Natur-Erscheinungen, es handelt sich allein darum, die von der Natur verbundenen Vorgänge als solche uns gemeinverständlich nachzuweisen. Wer beide Arten der Erscheinungen als eng verbunden ansieht, folgt, wie Sie später sehen werden, einfach dem Gange der Natur, wer sie aus einander reißen wollte, würde offenbar von diesem Gange sich entfernen.

Zu Zeiten Werner's, um das Ende des vorigen und den Anfang dieses Jahrhunderts, als das Wasser für den ausschließlichen Träger geologischer Vorgänge gehalten wurde, hat man zwar Erdbeben und vulkanische Erscheinungen getrennt, weil man die weit verbreiteten Erschütterungen nicht mit der localen Wirkung der Vulkane, die man nur für die Folge vereinzelter Erdbrände hielt, vereinen mogte; allein die aufrichtigen und unbefangenen Schüler dieses großen Meisters, die wahrlich nicht die Absicht hatten, ihren Lehrer hintenanzusetzen, Buch so wie Humboldt, kamen doch, ganz unabhängig von einander, bei dem Studium vulkanischer Erscheinungen zu der Ansicht, daß man hier eng vereinte Phänomene vor sich habe. Es wird für den Zweck dieser Darstellungen von Bedeutung sein, hier eine kurze Uebersicht von den Gründen zu geben, welche uns noch jetzt bestimmen, dieser Ansicht als der richtigsten zu folgen.

Fr. Hoffmann hat die Gründe, welche uns nöthigen diesen Zusammenhang anzuerkennen, auf eine anschauliche Weise dargestellt. Zunächst ist es nothwendig, darauf hinzuweisen, daß alle vulkanischen Ausbrüche, so weit wir bis jetzt von ihnen

Kunde haben, immer von Erdbeben begleitet zu sein pflegen, welche um so energischer und in größerer Verbreitung auftreten, je kräftiger der vulkanische Paroxysmus ist, welchem sie angehören. Erdbeben sind die gemeinsten, ja die wohl nie fehlenden unter den Vorzeichen, welche dem Austreten feuriger Massen aus den Schlünden der Vulkane gesetzmäßig vorangehen; sie stellen sich immer zuerst und oft schon dann ein, wenn auf dem Gipfel der in Zwischenräumen ruhenden Feuerberge noch keine Spur neu erwachender Thätigkeit sichtbar ist. Sie nehmen in der Regel fortwährend an Heftigkeit und Stärke zu, bis zum Beginnen der Ausbrüche selbst, und nur während die Vulkane im Auswerfen der Lava und im Ausstoßen der Dämpfe und Gasmassen begriffen sind, deren Versuche einen Ausweg zu finden die Erschütterungen veranlassen, ruhen sie gänzlich.

Diese Thatsache ist so durchaus bekannt in allen vulkanischen Gegenden der Erde, daß wir Beweise dafür von den entferntesten, wie den nächsten, gleichartig vorlegen könnten, wenn die Erscheinung nicht gar zu einfach wäre. Es möge daher hier nur erwähnt werden, daß es in Neapel, in Messina und Catania eine allgemein vom Volke anerkannte Regel ist, daß man von den Besorgnissen vor den Wirkungen der Erdbeben befreit sei, sobald sich der Vesuv oder der Aetna im Zustande des Auswerfens befindet, ja beide Erscheinungen stehen dort selbst in einem so in's Einzelne gehenden Zusammenhange, daß man auf diesen Bergen vor jedem einzelnen Lava-Erguß, selbst vor jeder hervorschießenden Dampfblase während eines Ausbruches, eine Erschütterung in den nächsten Umgebungen des Kraters empfindet.

Ganz eben so ist es auch nach Humboldt's Berichten bei den Vulkanen Amerika's. Niemals, so bemerkt er, fürchtet man sich am Fuße des Tunguragua und des Cotopaxi mehr vor den Erdbeben, als wenn lange keine Dampf-Entwickelung auf ihren Gipfeln stattgefunden hat, und die Reihenfolge von Unglücksfällen, welche das Hochthal von Quito durch furchtbare Erdbeben mehrfach erlitten hat, wird nach der allgemeinen Meinung der dortigen Bewohner aufhören, wenn einst die Kuppel des Chimborasso sich wieder öffnen und auswerfen sollte, wie es vor Zeiten der Fall war.

Allein nicht nur in dem mehr oder minder eng begrenzten Wirkungskreise einzelner Feuerberge zeigt sich dieser erwähnte Zusammenhang der Erdbeben und vulkanischen Ausbrüche, sondern auch bei den weit verbreiteten Erschütterungen, welche, wie wir gesehen haben, ganze Welttheile betreffen. Zwar scheint dieser Meinung der Umstand nicht günstig, daß die Mittelpunkte vieler, selbst der bedeutendsten Erdbeben sich oft in Gegenden befinden, wo weder gegenwärtig thätige Vulkane noch Spuren einst erloschener Krater sich vorfinden; wenn man jedoch bedenkt, daß Erdbeben nur die Versuche zu sein scheinen, den Ausbrüchen den Weg zu bahnen, so darf diese Erfahrung nicht weiter befremdend erscheinen. Es wird vielmehr natürlich sein, daß Erdbeben sich da gerade am heftigsten einstellen, wo die natürlichen und leicht zu eröffnenden Ausführungswege durch die Vulkane am weitesten entfernt sind.

In diesem Falle sind die Erdbeben von Lissabon, von Calabrien, Carracas, dem unteren Missisippi-Thale u. a. m. Besonders scheint der so häufig von den zerstörendsten Erdbeben heimgesuchte Theil von Calabrien sich in einer ganz charakteristischen Lage zu befinden, da die am meisten erschütterten Gegenden desselben ziemlich gleich weit von den beiden vulkanischen Hauptkanälen, vom Vesuv und vom Aetna, entfernt sind. Eben so findet sehr auffallend der gleiche Fall mit der Küste von Carracas statt, welche zwischen den Heerden der Vulkanreihe der Antillen und jener des Hochlandes von Quito mitten inne, und muthmaßlich sogar auf der Verbindungslinie beider liegt; wie das der Lauf der Gebirge anzudeuten scheint.

Von Lissabon, dem Missisippi-Thale und anderen Gegenden läßt sich zwar Aehnliches nicht nachweisen, doch fehlt es den Erdbeben dieser Gegenden, so wie den oben erwähnten, nicht an Beziehungen zu deutlich vulkanischen Vorgängen. Schon oben haben wir darauf aufmerksam gemacht, daß während des Erdbebens von Lissabon der Vesuv eine sehr auffallende Unterbrechung seiner Thätigkeit zeigte, und gewiß ist dieses eine höchst merkwürdige Thatsache, welche ganz für unsere Ansicht spricht, denn wir ersehen daraus, daß die Thätigkeit der Herde beider Erscheinungen, der großen Entfernung zwischen den Punkten ihres Auftretens unerachtet, in sehr naher Verbindung

zu stehen scheint. Eben so soll auch der fortwährend in Eruptionen begriffene kleine Vulkan der Insel Stromboli, etwa 10 Meilen von der italienischen Küste entfernt, während des großen Erdbebens von Calabrien in Ruhe geblieben sein und zu rauchen aufgehört haben. Danach würde also diese, an der Oberfläche völlig von vulkanischen Producten entblößte Gegend, als die Decke von einem Theile des vulkanischen Herdes der Liparischen Inseln erscheinen.

Wie verbreitet in Süd-Amerika der Glaube an einen solchen Zusammenhang der vulkanischen Thätigkeit und der Erdbeben ist, geht aus einer Anführung von Darwin hervor. Die unteren Klassen der Einwohner von Talcahuano glaubten, daß das Erdbeben von 1835 durch einige Indianer Weiber veranlaßt worden sei, die, vor zwei Jahren beleidigt, den Vulkan von Antuco gestopft hätten. Dieser thörichte Glaube, fährt Darwin fort, ist darum bemerkenswerth, weil er zeigt, daß die Erfahrung sie gelehrt hat, das beständige Wechselverhältniß zwischen der unterdrückten Thätigkeit der Vulkane und dem Zittern des Bodens zu beobachten. Es war ziemlich natürlich, an dem Punkte, wo das Wissen aufhörte, die Hexerei walten zu lassen, und diese war hier das Schließen der vulkanischen Oeffnung. Der Glaube ist um so merkwürdiger in diesem besonderen Falle, weil Capitain Fitzroy's Untersuchung ergab, daß der Antuco durchaus nicht afficirt war, mag dies auch mit den weiter nördlich gelegenen Vulkanen der Fall gewesen sein.

Noch auffallender ist ein Beispiel des Zusammenhanges von Erdbeben und Vulkanen, welches Humboldt aus Peru angeführt hat. Dort hatte der Vulkan von Paoto, nördlich von Quito, im Anfange des Jahres 1797 eine dicke, schwarze Rauchsäule lange ununterbrochen ausgestoßen, plötzlich, am 4. Februar, soll diese ganz verschwunden sein, und genau zu derselben Zeit erfolgte 40 Meilen weiter südlich das furchtbare Erdbeben von Riobamba, eine der schrecklichsten Katastrophen dieser Art, welche das Hochland von Quito je erlitten hat. Allein es zeigte sich bei dieser Gelegenheit, daß noch viel entfernter liegende Erderschütterungen und vulkanische Ausbrüche unter einander in Verbindung zu stehen scheinen, und es mag die Erwähnung hierher gehöriger Umstände sowohl dazu dienen,

auf den Zusammenhang der Erdbeben und vulkanischen Ausbrüche hinzuweisen, als auch überhaupt auf die tiefgreifende Verbreitung der vulkanischen Thätigkeit aufmerksam zu machen. Kaum war nämlich das Erdbeben von Riobamba vorüber, so wurden die Bewohner der östlichen Antillen durch heftige Erdstöße beunruhigt. Diese hielten 8 Monate an, und ruhten nicht früher, als bis der lange erloschen gewesene Vulkan von Guadeloupe am 27. September wieder aufbrach. Als er sich wieder beruhigt hatte, begannen auf's Neue Erdstöße auf dem Festlande von Süd-Amerika, die am 14. December mit der Zerstörung von Cumana endigten.

Aehnliche Wechsel der Thätigkeit zwischen Vulkanen und Erdbeben entfernter Gegenden finden, wie Humboldt sehr wahrscheinlich gemacht hat, zwischen den vulkanischen Districten von Peru und Mexico statt. Es lassen sich dort zwischen den Jahren 1577 und 1717 vier solcher Wechselperioden unterscheiden, nämlich:

in Mexico:	in Peru:
den 20. November 1577,	den 17. Juni 1578,
„ 4. März 1679,	„ 17. Juni 1678,*)
„ 12. Februar 1689,	„ 10. October 1688,
„ 27. September 1717,	„ 8. Februar 1716.

Noch großartiger und doch wahrscheinlich in irgend einem ursprünglichen Zusammenhange ist der Wechsel von Erdbeben und vulkanischen Ausbrüchen, welcher bei einer der heftigsten Erregungen der Erdoberfläche sich zeigte, die mit dem oft erwähnten Erdbeben von Carracas verflochten war. Humboldt hat diese Erscheinungen sehr schön zu einander in Beziehung gebracht und wir lernen dadurch die Möglichkeit von Communicationen zwischen noch viel entfernteren Theilen der vulkanischen Werkstätten kennen.

Die Reihenfolge der hierher gerechneten Phänomene begann am 30. Januar 1811 mit der Erscheinung einer neuen Insel bei St. Michael in den vulkanreichen Azoren, genannt Sabrina, welche unter heftigen Erderschütterungen und später unter Rauch und Flammen-Entwickelungen aus einer Tiefe von 120 Fuß

*) Dieses Datum ist kein Druckfehler.

emporstieg und seitdem wieder verschwunden ist. Bald nach diesem Ereigniß begannen auf den kleinen Antillen, Hunderte von Meilen gegen Südwesten von den Azoren entfernt, außerordentlich heftige Erschütterungen, die vom Mai 1811 bis zum April 1812 anhielten und besonders auf St. Vincent, in der Nähe eines der drei thätigen Vulkane dieser Inselgruppe, wütheten. Sie dehnten sich seit dem 16. December 1811 nordwärts auf das nordamerikanische Festland aus, und gleichzeitig fanden dort die heftigen Erschütterungen in den unteren Theilen der Thäler des Mississippi, Arkansas und Ohio statt. Während derselben Zeit empfand man zuerst im December 1811 in Carracas einen Erdstoß, welcher andeutete, daß nun die unterirdische Verbindung hierher sich zu eröffnen begann, und während die Erschütterungen in Nord-Amerika noch fortdauerten, erfolgte die oft genannte Katastrophe vom 26. März 1812, der bis zum 5. April wiederholte Erschütterungen folgten. Endlich am 30. April 1812 brach der Vulkan von St. Vincent, welcher seit dem Jahre 1718 geruht hatte, mit einer ungeheuren Explosion auf, und wir haben bereits erwähnt, daß dieselbe sich bis zu dem Rio Apure in den Steppen von Calabazo fortpflanzte. Hiermit scheint diese große Aufregung, diese Verkettung von vulkanischen Ausbrüchen und Erdbeben völlig geendet zu haben; der größte Theil ihrer Ereignisse ging an den Küstenrändern und im Innern des tief zwischen den Festländern von Nord- und Süd-Amerika eingesenkten Meerbusens von Mexico vor sich.

Die Darstellungen von A. von Hoff machen es auch wahrscheinlich, daß das große Erdbeben von Lissabon sich in einem ähnlichen Zusammenhange befunden habe und nur ein Glied in einer Kette von großartigen vulkanischen Erscheinungen gewesen sei, welche, wenn sie wirklich so zusammenhängenden Ursachen ihr Dasein verdanken sollten, sich während der Dauer von mehr als 10 Jahren über einen Wirkungskreis erstreckt haben, der die Hälfte des Erdgürtels ausmacht. Schon seit dem Jahre 1750 waren mehrere Theile der alten Welt, insbesondere eine Zone von Ländern, die sich aus Persien, vom südlichen Rande des Kaspischen Meeres, über die Küstenländer des Mittelmeeres und bis zu den Azorischen Inseln verbreitete

(ein Gebiet, welches v. Hoff sehr passend mit dem Namen des Erschütterungskreises des Mittelmeeres belegt hat) abwechselnd von gewaltigen Erschütterungen und einzelnen Ausbrüchen heimgesucht worden. Der Vesuv hatte, nachdem er zuerst 1751 Lava ausgeworfen, auf's Neue am Ende des Jahres 1754 bis in den folgenden Januar eine Reihe bedeutender Ausbrüche gehabt. Als er sich endlich beruhigte, begannen im Februar bedeutende Erschütterungen auf den Inseln des griechischen Archipelagus, welche bereits bis in das nördliche Europa verspürt wurden. Vergebens suchten die eingesperrten, elastischen Massen sich im März durch den Schlund des Aetna Luft zu machen; er hatte nur einen sehr unbedeutenden Ausbruch und dann schloß er sich wieder. Auch der Vesuv schien diesmal den Producten vulkanischer Wirksamkeit den Ausgang versperrt zu haben, denn er rauchte nur schwach und blieb noch fünf Jahre lang ruhig. Da erfolgten nun die heftigen Zuckungen der Erdrinde, welche Persien besonders im Monat Juli heimsuchten, und von dort her über den ganzen angegebenen Landstrich, ja selbst noch weiter hinaus, bis nach England und an die Westküsten von Afrika sich verbreiteten. Das Erdbeben von Lissabon selbst dauerte vom 1. November bis zum 27. December und wurde bald hier, bald dort in dem angegebenen Zeitraume mehr oder minder heftig empfunden. Auch in den Jahren 1756, 57 und 58 fuhren Erschütterungen noch fort in Deutschland, in Nord-Frankreich, in England und selbst in den nördlichsten Theilen von Skandinavien aufzutreten. Das Jahr 1759 endlich begann mit einem der verheerendsten Erdbeben in Vorder-Asien, zwischen dem Todten und Mittelländischen Meere, dessen Stöße 3 Monate lang anhielten, und welches viele der bedeutendsten Städte, Damaskus, Sidon, Balbeck u. a. zerstörte. Und dieses Jahr war auch auf dem Festlande Amerika's durch eine der furchtbarsten vulkanischen Explosionen bezeichnet, welche im mexicanischen Gebiete am 29. September einen neuen Vulkan, den Jorullo, entstehen ließ, so daß es vielleicht nicht zu gewagt ist, dieses Ereigniß mit den vorerwähnten Bewegungen derselben Periode in Verbindung zu setzen. Im December 1760 fand einer der verheerendsten Ausbrüche des Vesuv statt, bei dem sich an den Abhängen des Berges 12 neue, Lava ausstoßende Seiten-Kra-

ter öffneten, und Lissabon erlitt bald darauf von Neuem, am 31. März 1761, einen verheerenden Erdstoß, dessen Wirkungen wieder bis zu den Azoren und den Antillen, auch an den Küsten von England und Island, nur nicht so allgemein auf dem Continent von Europa mit empfunden wurden, als die von 1755. Dann aber erhielt sich die Ruhe 6 Jahre lang ungestört in allen Theilen des oben genannten, bisher bewegten Ländergebietes, und selbst in den Umgebungen des Mittelmeeres erfolgten noch lange nachher nur hin und wieder so unbedeutende Zuckungen, daß wir es wohl mit v. Hoff als eine wahrscheinliche Thatsache ansehen dürfen, es hätten die unter der Erde entwickelten, gasförmigen und geschmolzenen Substanzen durch diese furchtbaren Entladungen ihren Ausweg gefunden und daher mehrerer Jahre bedurft, bevor sie sich auf's Neue in großer Menge angesammelt hatten und im Stande waren, neue Beunruhigungen zu erregen.

Indessen nicht nur dieser auffallende Antagonismus oder die Gleichzeitigkeit sich an einander reihender Vorfälle von Erdbeben und vulkanischen Ausbrüchen in verschiedenen Theilen der Erdrinde, wovon sich noch eine große Zahl von Beispielen würde beibringen lassen, erweisen, daß die Erdbeben zu der Reihe der vulkanischen Erscheinungen gerechnet werden müssen, sondern es giebt auch noch einige andere Thatsachen, die ich Ihnen in den nächsten Briefen vorzuführen gedenke, welche die Erdbeben direct, ohne die Nothwendigkeit der Voraussetzung eines oft dunkeln oder zweifelhaften Zusammenhanges, in die Reihe der eigentlich vulkanischen Erscheinungen einführen.

Einundzwanzigster Brief.

Bildung neuer Inseln im Meere.

Wo Erdbeben längere Zeit die Erde erschüttern, da fürchten die Menschen, es mögte ein neuer Ausweg von Innen sich öffnen, ein Vulkan entstehen. So schickten sich die Bewohner der Insel Meleda, als diese in den Jahren 1822 und 23 so

vielfach erschüttert wurde, schon an die Insel zu verlassen, weil sie befürchteten, es mögte ein Vulkan dort aufbrechen, und so kommt es noch in unsern Tagen gar nicht selten vor, daß bald von hier, bald von dort, wie jüngst erst aus den Venetianer Alpen berichtet wird, es wolle ein Vulkan zum Durchbruch kommen. Aber wenn auch in vielen Fällen solch ein Glaube nur ein Aberglaube ist, so kann er sich doch auf die Erfahrung stützen, denn es sind vulkanische Ausbrüche als Begleiter und als Folge bei großen Erdbeben erschienen. Es haben wahre Eruptionen an Stellen sich ereignet, welche sonst keinen Vulkan besitzen, und sie sind nur durch Erdbeben vorherverkündet worden. Obgleich solche Erscheinungen im Allgemeinen nicht gewöhnlich sind, so giebt es doch unzweideutig beobachtete Beispiele dieser Art, welche als Argumente dienen können.

Schon früher ist erwähnt worden, daß hin und wieder bei heftigen Erschütterungen der Erdboden sich öffnete und Wasser, Schlamm, Steine, selbst Rauch- und Flammen-Ausbrüche hervorgetreten sein sollen. Indessen läßt sich diesen Vorkommnissen doch in der Regel ein localer Grund unterlegen, ohne daß man genöthigt ist, sie für direct vulkanisch zu halten, wo aber Ausbrüche wahrer Lavamassen, und das Auswerfen von Schlacken und Asche stattfinden, da kann man die Identität beider Arten von Erscheinungen nicht läugnen. Den auffallendsten Beleg für die Vereinigung derselben theilt Darwin mit, in seinem Berichte über das schon öfter erwähnte Erdbeben von Chili aus dem Jahre 1835.

Bei diesem großartigen Beispiel eines mächtigen Erdbebens warf in derselben Stunde, als das ganze Land um Conception auf die Dauer erhoben wurde, eine in den Anden, der Insel Chiloe gegenüber gelegene Vulkanreihe zu gleicher Zeit eine schwarze Rauchsäule aus, und blieb während des folgenden Jahres in ungewöhnlicher Thätigkeit. Zugleich brach weiter nördlich, in mehr als 100 Meilen Entfernung, ein Vulkan aus dem Grunde des Meeres, in der Nachbarschaft der Insel Juan Fernandez hervor, und mehrere von den großen Schornsteinen in den Cordilleeren von Central-Chili fingen eine neue Thätigkeits-Epoche an. Wir haben daher die allgemeine Erschütterung eines außerordentlich großen Landstriches, die dauernde

Erhebung einzelner Gegenden, die erneute vulkanische Thätigkeit durch gewohnte Oeffnungen und einen untermeerischen Ausbruch an außergewöhnlicher Stelle, als Theile einer und derselben großen Naturerscheinung zu betrachten. Die Ausdehnung des Landes, über welches die Zeichen der Wirkung unterirdischer Kräfte unzweideutig sich verbreiteten, mißt 700 geographische Meilen in der größten Länge und 400 in der äußersten Breite. Man wird vielleicht eine richtigere Idee von dem Maaßstabe der Erscheinungen bekommen, fährt Darwin fort, die das Erdbeben von Conception begleiteten, wenn man sich vorstellt, daß Europa von der Nordsee bis zum Mittelländischen Meere erschüttert — ein großer Theil der Ostküste von England auf die Dauer erhoben — eine Reihe von Vulkanen an der Nordküste von Holland in Thätigkeit versetzt worden sei — daß ferner ein Ausbruch im Grunde des Meeres nahe an dem nördlichen Ende von Island stattgefunden, und daß die alten Krater der Auvergne, des Cantal und Mont Dor nebst anderen, die lange erloschen waren, von Neuem eine dunkle Rauchsäule zum Himmel emporgeschickt hätten.

Es ist keine so gar seltene Erscheinung, daß Erdbeben, als Vorläufer vulkanischer Ausbrüche und mit diesen vereint, neue Inseln im Meere und neue Berge auf dem Festlande bilden. Manche Gegenden sind seit vielen Jahrhunderten der Schauplatz solcher Vorgänge gewesen und unter allen zeichnet sich besonders die Umgebung der griechischen Insel Santorin aus, da seit 2000 Jahren dort zu wiederholten Malen der Meeresboden sich gehoben hat.

Santorin, bei den Alten Thera genannt, bildet den südwestlichsten Punkt der kykladischen Inselgruppen, welche von den südlichsten Vorgebirgen von Attika und von Euböa gegen Südwest sich fortziehen. Sie hat, wie die nachfolgende Karte zeigt, eine fast halbmondförmige Gestalt, und die Berge, welche sie zusammensetzen, bilden nach innen einen steilen scharfen Rand, der nach außen hin allmälig abfällt. Diesem innern, steilen Rande gegenüber, gleichsam den Umfang des Kreises ergänzend, liegen zwei kleinere Inseln, Therasia und Aspronisi, andere, die sogenannten Kaimeni, in der Mitte zwischen diesen und Santorin. Seit dem Jahre 237 v. Ch. G. ist zu zehn verschiede-

nen Malen die Gestalt und Zahl dieser Inseln und Klippen verändert worden, zuletzt im Jahre 1707. Theils wurden durch Erhebung des Meeresbodens neue Inseln gebildet, theils stiegen Felsmassen empor, welche sich den alten anschlossen, theils kamen und verschwanden Klippen wieder. Nur über die Entstehung der letzten Insel, der sogenannten Nea Kaimeni, besitzen wir ausführlichere Berichte. Ich gebe Ihnen hier einen Auszug aus dem Briefe eines Italieners, Giorgio Condilli, welcher sich zu jener Zeit auf Santorin befand, an seinen Landsmann den Professor Valesnieri in Padua.

Fig. 19.



Am 23. Mai des Jahres 1707, an einem Montag, bemerkte man im Golf der Insel Santorin, zwischen den beiden Bracianischen Inseln, gewöhnlich die kleine und große Kaimeni genannt, einen schwimmenden Gegenstand, den man beim ersten Anblick für das Wrack eines verunglückten Schiffes hielt.

Einige Fischer beeilten sich zu diesem vermeintlichen Schiffe hinzukommen, aber wie groß war ihr Erstaunen, als sie sich überzeugten, daß es eine Klippe war, welche begann aus dem Grunde des Meeres emporzusteigen. Am folgenden Tage wollten mehrere Personen, theils durch die Neugierde getrieben, theils, weil sie dem Berichte der Fischer keinen Glauben schenkten, sich selbst über die Sache aufklären und wurden bald von der Richtigkeit derselben überzeugt. Einige der kühnsten landeten sogar an der Klippe, die noch in Bewegung war und sich auf eine fühlbare Weise vergrößerte, und bestiegen sie. Sie brachten eßbare Dinge von ihr herab, unter Anderem Austern, die in dem Busen von Santorin eine Seltenheit sind, von außerordentlicher Größe und von sehr gutem Geschmack. Auch fanden sie auf ihr eine Art von Stein, der einem Gebäck sehr ähnlich sah, in Wirklichkeit jedoch nichts weiter, als ein sehr feiner Bimstein war. Zwei Tage vor dem Aufsteigen dieser Klippe war am Nachmittag auf der Insel Santorin ein Erdbeben verspürt worden, das wohl nur den Anstrengungen zuzuschreiben ist, welche gemacht werden mußten, um diese große Felsmasse, die der Schöpfer so viele Jahrhunderte hindurch vor unsern Augen verborgen hatte, vom Grunde des Meeres loszulösen. Das war aber auch der einzige Schrecken, den das Hervortreten dieser Klippe den benachbarten Einwohnern bereitete, denn bis zum 4. Juni fuhr sie fort ganz geräuschlos zu wachsen. Sie war damals ungefähr 500 Schritt lang und 25 Fuß hoch. In ihrer Umgebung war das Meer stark getrübt, nicht sowohl durch neuerdings aufgewühlten Boden, als durch die Beimischung einer ansehnlichen Masse von verschiedenen Materien, die Tag und Nacht aus der Tiefe dieser Abgründe heraufstiegen. Man bemerkte eine große Abwechselung der Substanzen, je nach der Verschiedenheit der Farben, welche sich bis an die Oberfläche des Wassers verbreiteten. Unter diesen herrschte aber doch das Gelb des Schwefels vor, und verbreitete sich bis auf 20000 Schritt im Umkreise. Auch zeigte sich im Wasser, zunächst um die Klippe, sowohl eine große Bewegung, als eine ansehnliche Hitze, in Folge deren eine große Menge von Fischen starb, die man hier und dort umherschwimmen sah.

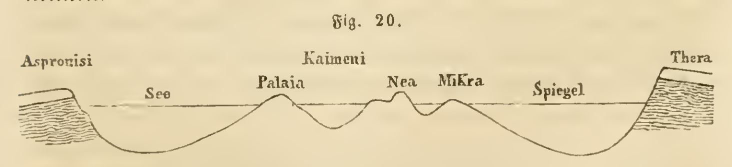
Am 16. Juli, beim Aufgang der Sonne, sah man ganz

deutlich zwischen der neuen Insel und der kleinen Kaimeni eine Reihe von schwarzen Felsen aus dem Grunde des Meeres hervorsteigen. Man zählte deren 17 einzelne, von denen es aber schien, daß sie sich wohl unter einander und mit der neuen Insel, die weiß war, vereinigen müßten. Zwei Tage darauf, um 4 Uhr Nachmittags, sah man zum ersten Mal einen dicken Rauch, dem eines großen Ofens vergleichbar, und hörte dabei ein unterirdisches Getöse, welches von der neuen Insel herzukommen schien, aber zu dumpf war, um deutlich unterschieden zu werden. Mehrere Familien, von Schrecken ergriffen, suchten auf den benachbarten Inseln des Archipels Zuflucht. Am 19. Juli vereinigte sich die Kette der schwarzen Felsen gänzlich und bildete eine eigene Insel, von der sich ebenfalls ein Rauch erhob. Zuerst war er nur schwach, verstärkte sich aber in demselben Maße, als die Insel an Größe zunahm. Endlich erschien auch Feuer, das zugleich einen unerträglich stinkenden Geruch verbreitete, welcher die ganze Gegend erfüllte. Einigen benahm er den Athem, Anderen verursachte er Ohnmachten, bei fast Allen rief er aber Erbrechen hervor. Im Monat August verbreitete sich ein dicker Dampf über Santorin, in einzelnen sehr dichten, salzigen Wolken, der innerhalb drei Stunden die ganzen Trauben, das Hauptproduct der Insel, verdarb, welche man in wenig Tagen hatte einheimsen wollen. Die weiße Insel fing nachdem wieder an sich zu erheben und zu vergrößern, so daß bald das Ganze zu einer Insel vereinigt war. Das Feuer hatte sich dabei mehrere Oeffnungen gebildet, aus denen es mit einem Donner, ähnlich dem Entladen mehrerer Kanonen, eine große Menge glühender Steine in die Luft schleuderte. Sie wurden mitunter zu einer so großen Höhe emporgeworfen, daß man sie aus dem Gesicht verlor, und daß sie erst in 3000 Schritt Entfernung niederfielen. Gegen Ende des Monats August wurden diese furchtbaren Explosionen seltener, nahmen aber im September wieder an Häufigkeit zu, und erschienen im October täglich. Wenn sie begannen, so sah man eine große Feuer-Erscheinung, der ein erschrecklicher Dampf folgte. Manchmal war dieser Dampf mit Aschen gemischt, die in der Luft ein Gewölk von verschiedenen Farben und von ungeheurer Dichtigkeit bildeten. Allmälig lösten sie sich in einen feinen Staub

auf, und fielen wie ein Regen auf das Meer und das umliegende Land; in solcher Menge, daß die Erde davon ganz bedeckt war. Andere Male schienen die Explosionen aus feurigen Aschen zu bestehen, oder es waren vielmehr glühende Steine von mittlerer Größe, welche so zahlreich waren, daß sie beim Niederfallen die ganze kleine Insel bedeckten und eine Art von Illumination hervorbrachten, welche die Einwohner nicht müde wurden zu betrachten. Die Insel hatte damals ungefähr 3000 Schritt im Umfang und 40 Fuß in der Höhe. Während im Juli und August das Feuer nur an einer Stelle, auf der Spitze der schwarzen Insel, hervorgekommen war, öffnete sich am 5. September ein zweiter Schlund auf der Seite gegen Therasia hin. Doch hielten hier die Ausbrüche nicht lange an, nach einigen Tagen schon hörten sie wieder auf. Auch trat am 18. September ein Erdbeben ein, welches die Ausbrüche verstärkte und die Insel wesentlich vergrößerte.

Auf ähnliche Weise setzten sich die Ausbruchs-Erscheinungen Jahr und Tag fort, ließen jedoch allmälig an Heftigkeit nach. Indessen nahm die Insel doch noch bis in das Jahr 1711 mindestens an Größe zu, besonders in der Richtung gegen Therasia, so daß sie zuletzt über eine Meile Umfang und mehr als 200 Fuß Höhe hatte. Die Feuer-Erscheinungen und Detonationen waren damals zwar nur schwach, aber doch noch nicht ganz verschwunden. Nach und nach verlor sich das Alles wieder, die Ausbrüche hörten auf, die Oeffnungen schlossen sich, das Meer erkaltete und die Insel stand fest. Da das Meer vorher an dieser Stelle 500 bis 600 Fuß Tiefe hatte, so ist die Höhe, bis zu der sein Boden emporstieg, nicht unbeträchtlich zu nennen.

Fig. 20.



Noch großartiger, doch in den Einzelheiten der Vorgänge nicht bekannt, ist die Erhebung der Insel St. Johann Bogoslow unter den Aleutischen, welche ungefähr in das Jahr 1796 fällt. Seehundsjäger kannten an der Stelle, wo sie sich später

erhob, einen einzeln im Meere gelegenen Felsen, der jedoch mehrere Jahre hindurch in dicke Nebel gehüllt war und deshalb von ihnen nicht besucht wurde. Als endlich einer von ihnen mit seinem Boote sich in den Nebel hineingewagt hatte, kam er mit der Nachricht zurück, daß der vermeinte Nebel Rauch sei, und daß das Meer in der Nähe des Felsens koche. Erst im Jahre 1800 zerstreute sich der Rauch und man sah an der Stelle jenes Felsens eine Insel, in Gestalt eines Pic, der Feuer und Rauch aus seinem Gipfel stieß. Seefahrer fanden im Jahre 1806 die Insel von 4 (See-?) Meilen*) Umfang und den Berg so hoch, daß man ihn auf 12 bis 15 Seemeilen Entfernung sehen konnte, also wohl über 3000 Fuß. Im Jahre 1819 hatte die Insel nicht ganz eine geographische Meile Umfang und eine Höhe von 2100 Fuß, als sie aber 1832 untersucht wurde, hatte sich ihr Umfang auf fast die Hälfte und die Höhe auf 1400 Fuß vermindert. Der ganze Meeresgrund zwischen dieser neuen Insel und Umnak ist erhöht worden, denn während Cook und Andere vor 1790 mit vollen Seegeln darüber hinfahren konnten, so sperren jetzt zahllose Riffe und Klippen die Schifffahrt.

Cotta hat Ihnen bereits in den Briefen zum ersten Bande des Kosmos das Erscheinen der Insel Ferdinandea**) zwischen Sicilien und Pantellaria geschildert, lassen Sie mich noch einige andere Beispiele anführen, damit Sie sehen, daß das Erscheinen neuer Inseln nicht auf das Mittelländische Meer oder auf Inselgruppen beschränkt bleibt, welche sich, wie die Aleuten, den Continenten unmittelbar anschließen. In den meisten Fällen stehen freilich die neuen Inseln nicht isolirt. So erschien im Jahre 1757 in der Nähe von Pondicherry eine Insel im Meere, die gegen 5000 Fuß im Durchmesser hatte und eine kegelförmige Gestalt. Sie hatte einen Krater, aus dem, unter Feuererscheinung, Bimsteine, Sand und Aschen in solcher Menge ausgeworfen wurden, daß die Schiffe davon bedeckt wurden

*) Eine Seemeile ist ziemlich genau 1/4 geographische Meile.

**) Sie ist von Deutschen, dem König beider Sicilien zu Ehren, Ferdinandea, von Engländern Graham, von Italienern Julia u. s. w. genannt worden, so daß sie, die Wiederverschwundene, nicht weniger als 7 Namen besitzt.

und nur mit Mühe durch die schwimmenden Bimsteine ihren Weg fortsetzen konnten. Ob diese Insel geblieben oder wieder zerstört worden ist, darüber mangeln die Nachrichten.

Im Mai des Jahres 1783, mehrere Wochen vor einem großen Ausbruch des Skaptar Jökul auf Island, fand im Südwesten der Insel ein Ausbruch im Meere statt. Der Punkt lag 7 bis 8 (See-?) Meilen von der äußersten Vogelsklippe, Fugleskior, vor Kap Reikianäs, entfernt. Das Meer war 20 bis 30 (See-?) Meilen weit mit Bimstein bedeckt und Rauch stieg davon empor. Es erhob sich eine Insel, welche einige Schiffer in vollem Brande sahen. Sie soll aus hohen Klippen bestanden haben. Am 26. Juni 1783 nahm die dänische Regierung Besitz von dieser Insel und gab ihr den Namen Nyöe (Neue Insel). Aber sie wurde vom Meere wieder zerstört und im folgenden Jahre war keine Spur mehr von ihr zu finden. Die Stelle, an der sie emporstieg, ist ungefähr dieselbe, an der sich im Jahre 1563 eine ähnliche Erscheinung gezeigt hat.

Wiederholt haben sich dergleichen Ereignisse in der Nähe der Insel S. Miguel unter den Azoren zugetragen. Von solchen Ausbrüchen, mit denen zugleich die Bildung neuer Inseln verbunden war, wird aus den Jahren 1638, 1691, 1719 und 1811 berichtet. Ueber die letztere Begebenheit haben wir durch den Bericht des Schiffs-Capitains Tillard, welcher die neu entstandene Insel nach seinem Schiffe Sabrina nannte, nähere Nachrichten. Während eines halben Jahres war S. Miguel von wiederholten Erdbeben erschüttert worden, deren letztes am 31. Januar von ganz besonderer Heftigkeit war. Da verbreitete sich am 1. Februar ein eigenthümlicher, schwefelartiger Geruch und man erhielt auf der Insel die Nachricht, daß auf der Nordseite, bei dem Dorfe Ginetes, eine kleine halbe Meile von der Küste entfernt, Dampf und Feuer aus dem Meere aufsteige. Die sich aus dem Gewässer erhebende Dampf- und Aschen-Säule brachte das Meer in große Aufregung und wurde viele Meilen weit gesehen. Sie bedeckte die Gegend bis zu der 10 Meilen entfernten Stadt Ponta Delgada mit Auswürflingen und Asche, und ihren Feuerschein sah man bei Nacht auf weite Ferne. Nach 8 Tagen endete der Ausbruch, ohne daß eine Insel sich

über das Wasser erhob, doch war der Meeresgrund, der sonst dort 300 bis 500 Fuß tief lag, bis dicht unter die Oberfläche getreten.

Erst mit dem 13. Juni fing eine neue Eruption an, welche jedoch nicht an derselben Stelle, sondern eine gute halbe Meile weiter westlich ausbrach und am 17. ihre größte Heftigkeit erlangte. Sie stieß unter heftigen Detonationen eine gewaltige Säule von Rauch und Asche aus, die sich viele hundert Fuß hoch erhob und sich dann in dicken Wolken, aus denen zahlreiche Blitze zuckten, mit dem Winde verbreitete. Nach dem Ende des Ausbruches sah man eine etwa 300 Fuß hohe Insel, die an einem Ende einen kegelförmigen Berg trug, am anderen einen tiefen Krater zeigte, aus dem beständig Feuer aufstieg, obgleich sein tiefster Rand zur Fluthzeit unter Wasser stand. Als Capitain Tillard die Insel besuchte, war ihr aus Schlacken und Asche bestehender Boden noch so heiß, daß man die Höhe nicht erklimmen konnte. Das Meer strömte zwar zur Fluthzeit in den Krater, wo das Wasser in heftiges Kochen gerieth, aber das störte den Gang der Ausbrüche nicht wesentlich. Der Berg, an der einen Seite, wuchs durch die fortdauernden Auswürfe von Steinen, Sand und Asche bis zu 600 Fuß Höhe; nichts desto weniger war aber die ganze Insel in den letzten Tagen des Februar des folgenden Jahres schon wieder verschwunden.

Eine der neuesten Erscheinungen dieser Art ereignete sich im Februar 1835 unweit der Insel Juan Fernandez, deren wir schon bei dem Erdbeben von Conception gedacht haben. Wenn nun die Azorischen Inseln und die kleine Insel-Gruppe von Juan Fernandez auch nicht, wie Island, als eine Art von Continent betrachtet werden können, so sind sie doch immer noch Flecke von einiger Ausdehnung mitten im Oceane, so daß das Aufsteigen einer neuen Insel nur den Charakter von der Bildung einer neuen Spitze auf einem gemeinschaftlichen Plateau hat. Da aber Darwin berichtet, daß mitten im Atlantischen Ocean, einen halben Grad südlich vom Aequator, in der Verlängerung einer von St. Helena nach Ascension gezogenen Linie, also ungefähr halbweges zwischen Afrika und Südamerika, wiederholte vulkanische Ausbrüche stattgefunden haben, ohne je-

doch bleibende Spuren zu hinterlassen, so sieht man, daß auch hier, weit von allem anderen festen Lande entfernt, Versuche zur Bildung einer einzelnen Insel, oder eines Archipels sich fortgesetzt haben; und wer kann es wissen, ob wir nicht bald einmal durch die Nachricht von dem Erscheinen einer neuen und bleibenden Station auf jener großen Wasserstraße überrascht werden.

Zweiundzwanzigster Brief.

Bildung neuer Berge auf dem Lande.

Obgleich Humboldt im ersten Bande des Kosmos schon der Schilderung erwähnt, welche Ovid uns von der Bildung eines neuen Hügels auf der trözenischen Halbinsel gegeben hat, so erlaube ich mir doch hier die metrische Uebertragung der betreffenden Stelle des römischen Dichters einzuschalten, welche ich der Freundlichkeit eines philologischen Freundes verdanke, weil die Lebhaftigkeit der Darstellung mir geeignet scheint einen bleibenden Eindruck zu hinterlassen:

> Bei der Pittheischen Stadt Trözen ist ein Hügel, der Bäume
> Gänzlich entbehrend und steil, einst ebene Fläche des Feldes,
> Aber ein Hügel jetzund, denn — Staunen erregt es zu hören —
> Wüthender Winde Gewalt, in umnachteten Höhlen verschlossen,
> Strebten in's Freie zu weh'n, zu genießen des heiteren Himmels.
> Aber sie rangen umsonst, denn es fehlte dem dunkelen Kerker
> Jegliche Spalte, durch die den Lüften entstände ein Ausweg.
> Aber diese darauf, wie vom Athem des Mundes die Blase
> Anschwillt, oder die Haut des doppelt gehörneten Geisbocks,
> Dehnen das Erdreich aus, daß empor es steigt von dem Windhauch.
> Also ward es ein Berg; durch die Länge der Jahre verhärtet.

Ahnungsvoll hat der Dichter hier die Züge entworfen, denen die wissenschaftliche Anschauung noch heutigen Tages folgt. Es bestätigt sich wieder, daß auch in geistigen Dingen das glücklichste Geschenk, welches die Götter dem Sterblichen bescheeren können, ein scharfer Instinct ist.

Ueber die großartigen Erscheinungen, unter denen die Emporhebung einer ausgedehnten Erdstrecke und die Bildung eines Vulkanes, des Jorullo, im westlichen Mexico 1759 vor sich ging, hat Humboldt Ausführliches im letzten Kosmos-Bande beigebracht. Es bleibt indessen eines Vorganges zu erwähnen, welcher, nicht weniger merkwürdig als die Erhebung des Jorullo, sich vor drei Jahrhunderten auf europäischem Gebiete zugetragen hat. Ich meine die Bildung des Monte Nuovo, am Rande des Meerbusens von Bajae, unweit Neapel, im Jahre 1538. Preller hat uns in neuerer Zeit eine interessante Charakteristik dieser classischen Gegend gegeben, die ich der Hauptsache nach hier folgen lasse.

Wie die classischen Länder überhaupt reich an Stellen sind, wo zugleich Natur und Geschichte die Merkmale ihrer großartigen Kämpfe und Krisen hinterlassen haben, so ist wohl keine reicher an solchen Merkmalen, als die Gegend im südlichen Italien, deren geschichtliche Verhältnisse sich zuerst von Cumae und von seinen kleineren Pflanzstädten, Dikäarchia (Puzzuoli) und Neapel, später von Capua und dem campanischen Staate aus verfolgen lassen, und wo die wilden Naturkräfte einer vulkanischen Unterwelt lange vor aller Ansiedlung und mit

Fig. 21.

VULCANISCHER DISTRICT VON NEAPEL

seltner Ausdauer neben jenen geschichtlichen Abwandlungen bis in die neueste Zeit hinab eine Umwälzung nach der anderen hervorgerufen haben.

Was die dichterische Sage in ihren Erzählungen von den phlegräischen Feldern und den Kämpfen der Giganten, von dem Riesen Typhoeus, der hier in der Tiefe ausgestreckt liege und den Erdboden durch seine krampfhaften Bewegungen erschüttere, das Feuer durch die Vulkane ausspeie, von der Schmiede des Hephästos und seinem Markte, von den Werken des Herakles und endlich von der geheimnißvollen Welt der Kimmerier und den Schrecknissen des Sees, den die Vögel mieden, andeutet, das hat jetzt die wissenschaftliche Forschung in einem großartigen Zusammenhange aufzufassen gelehrt, nach welchem die ganze Strecke des westlichen und südlichen Italiens, von dem mittleren Etrurien bis nach Misenum und Ischia und hinüber nach Sicilien, als eine zusammenhängende Werkstätte vulkanischer Wirkungen erscheint, welche diese Küstenländer in grauer Vorzeit aus der Tiefe des Meeres emporgehoben haben, um sie darauf der menschlichen Geschichte und den nicht weniger stürmischen Kämpfen und Umwälzungen so vieler auf einander folgenden Generationen von Völkern, Staaten und Städten zu überantworten.

Im neapolitanischen Italien sind die Mittelpunkte dieser vulkanischen Thätigkeit, die Rocca monfina, an deren Fuße die alte Suessa Aurunca lag, die Campi Phlegraei zwischen Puzzuoli und Cumae, die Inseln Ischia und Procida, der Vesuv und endlich am meisten landeinwärts, schon an der apulischen Grenze, der Vultur, zu dessen Füßen Horaz seine Jugend verlebte, ein Vulkan, welcher, wie die Rocca monfina, längst erloschen ist, die deutlichen Spuren seiner früheren Thätigkeit aber noch jetzt bewahrt.

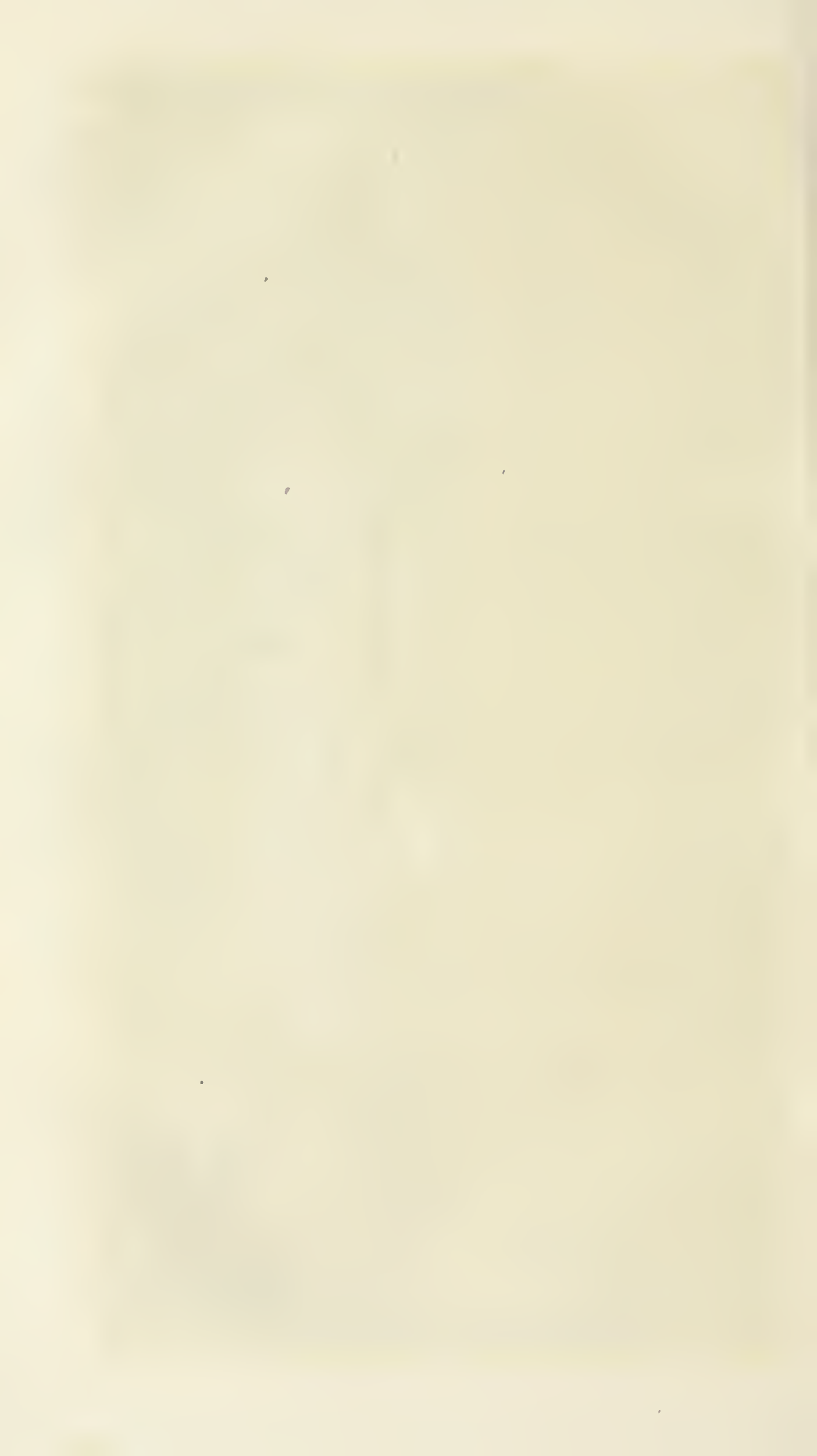
Desto wirksamer ist die Thätigkeit jener übrigen Punkte geblieben, unter denen von einer Seite die Insel Ischia mit dem Epomeo, von der anderen der Vesuv als End- und Hauptpunkte eines vulkanischen Bogens erscheinen, den die Alten in der ausdrucksvollen Weise, wie sie ihre geographischen Anschauungen zu bezeichnen pflegen, die Kratere schlechthin nannten. Der Epomeo und der Vesuv sind nur die End- und die ge-

sammelten Hauptpunkte dieses vulkanischen Halbkreises: während sich zwischen ihnen eine ganze Reihe kleinerer Vulkane befindet, die Insel Nisita, der Lago Agnano, der Krater von Astruni, die Solfatara mit ihrer weißhügeligen Umgebung (colles Leucogaei), der Monte Barbaro, der Lago Averno, das sogenannte Mare Morto, die Mehrzahl von ihnen schon in vorhistorischer Zeit zur Ruhe gekommen, und daß die vielen Schwefeldämpfe, erstickenden Ausdünstungen, heißen Quellen, welche in der ganzen Umgegend sporadisch emporsteigen, die dauernden Merkmale des vulkanischen Processes sind, welcher sich von der Tiefe aus noch immer fortsetzt und wer weiß in welcher Nähe oder Ferne mit neuen Wundern und mit neuen Krisen droht.

Wie dem auch sei, zum letzten Male haben die alten Gefahren sich den Einwohnern dieser bedenklichen Gegend durch eine Explosion vergegenwärtigt, welche in physikalischer Hinsicht eben so merkwürdig ist, als sie in historisch-geographischer für diesen Schauplatz eines so reichen geschichtlichen Lebens verhängnißvoll geworden ist. Sind nämlich diese Gestade, wo ehedem Cumae, Bajae, Bauli, Misenum und Puteoli, der Damm des Herkules, der düstre Lacus Avernus und der fischreiche Lucrinus sammt den romantischen Hügeln und Anhöhen, die sich darüber hinziehen, das griechische und römische Alterthum in so verschiedenartiger Weise in Anspruch genommen haben, durch die verheerenden Kräfte der Zeit und so oft wiederholter Völkerstürme ohnehin in einem Grade verheert und verwüstet, daß genauer eingehende topographische Bestimmungen nicht mehr möglich sind, so hat jenes Ereigniß nun vollends die ganze Physiognomie der Gegend verändert. Selbst Cicero, selbst Lucullus oder Sulla, sollten sie sich jetzt in diesen Gegenden zurechtfinden, wo sie einst in ihren Villen ein genußreiches Leben geführt haben, sie würden es schwerlich vermögen. (S. Fig. 22.)

Neben dem Interesse, welches durch das Ereigniß der Bildung eines neuen Berges an und für sich hervorgerufen werden muß, hat die Geschichte der Bildung des Monte Nuovo dadurch einen besonderen Werth gewonnen, daß ihre Deutung zu wissenschaftlichen Differenzen Veranlassung gegeben hat, welche noch heute nicht völlig geschlichtet sind. Erlauben Sie, daß ich

Puzzuoli Capo Misene Ischia Ponte di Caligula Monte Ipomeo Bajae Terme di Nero Monte Nuovo Monte Barbaro



es versuche, Sie etwas näher über die Streitfrage zu orientiren. Daß der Monte Nuovo im Jahre 1538 in der Nähe von Puzzuoli entstanden sei, wird nicht bezweifelt; auch daß er plötzlich entstanden sei, wird angenommen; aber wie? — das ist die Frage! Er ist aufgeschüttet, sagen die Einen, wie die Insel Sabrina; er ist gehoben, wie die Nea Kaimeni, sagen die Anderen; er ist erst etwas gehoben und dann etwas aufgeschüttet, meinen die Dritten. Hören wir, was die Augenzeugen und Zeitgenossen über den Vorgang der Sache berichten, vergleichen wir damit, was die Beobachtung noch jetzt an dem Schauplatz des Ereignisses ermitteln kann, und entscheiden wir uns sodann über die Ansicht, zu welcher wir uns von dem ermittelten Thatbestande erheben müssen.

Was die Berichte der Zeitgenossen anbetrifft, so besitzen wir deren sechs, die jedoch von sehr verschiedenem Werthe für uns sind. Einer ist in deutscher, einer in lateinischer, vier sind in italienischer Sprache geschrieben. Drei derselben sind Berichte in der Form von Flugblättern, welche mehr den Charakter tragen, wohl gesammelte, merkwürdige Thatsachen in der Mit- und Nachwelt weiter verbreiten zu wollen, als den Eindruck machen, daß der Schreiber derselben großentheils Augenzeuge des Ereignisses gewesen sei.

Die drei anderen dagegen sind: erstens, ein Kapitel (21) aus der Lebensbeschreibung des Don Pedro de Toledo, damaligen Vice-Königs von Neapel; zweitens ein Brief des Francesco del Nero, eines vornehmen Florentiners, der sich in Aufträgen des toscanischen Hofes in Neapel aufhielt, an Nicolo del Benino in Rom; und sodann drittens ein Auszug aus dem lateinisch geschriebenen Berichte des Simone Porzio, eines Neapolitaners, der ein berühmter Arzt und Philosoph seiner Zeit war, in einem Werke von Mazzella über Puzzuoli, das im Jahre 1606 erschien. Jeder dieser Berichte hat seinen besonderen Werth; der des Fr. del Nero, weil er von einem Augenzeugen herrührt, der den Verlauf der Dinge ganz in der Nähe gesehen hat; der des Porzio, sowohl weil sich Fr. del Nero auf diesen Bericht, als auf den eines kenntnißreichen Mannes bezieht, als auch, weil Mazzella, dem im Jahre 1606 wohl auch noch andere Nachrichten zu Gebote

standen, doch nur diesen Bericht des Porzio citirt; und endlich das Kapitel aus dem Leben des Vice-Königs, weil darin einige höchst wichtige Notizen über die Verschüttung und den damaligen Zustand der Gegend enthalten sind.

Francesco del Nero schreibt*): Ich weiß nicht, ob Sie jemals in Pozzolo gewesen sind. Sechs Bogenschüsse von der Stadt fängt eine Ebene an, die ungefähr einen halben Miglio (2675 Fuß) breit, rechts vom Berge (Monte Barbaro?) einen Theil dieses Meerbusens einschloß: jetzt dagegen ist diese ganze Breite nur eine Ebene; ein Umstand der, obgleich natürlich, dennoch sehr bewunderungswürdig ist und genau untersucht zu werden verdient. Aristoteles erwähnt in seinem 2° Meteor. zweier ähnlichen Ereignisse, als der Erinnerung werth: das eine in Pontus, das andere in Insule Sagre vorgefallen.

Am 28. September Mittags wurde der Meeresboden bei Pozzolo in einer Strecke von 600 Braccie (3500 Fuß circa) trocken, so daß die Einwohner von Pozzolo die auf dem Trockenen zurückgebliebenen Fische wagenvoll abholten. Am 29. um 8 Uhr Morgens senkte sich die Erde da, wo jetzt der Feuerschlund sich befindet, um 2 Canne (13 Fuß circa) und daraus kam ein kleiner Strom sehr kalten, wie Einige, die wir befragt haben, berichten, nach Anderen lauen und etwas schwefeligen Wassers hervor; und da alle Leute, die darum befragt sind, Glauben verdienen, so bin ich der Meinung, daß sie alle der Wahrheit gemäß sprechen, und daß das Wasser erst auf die eine, sodann auf die andere Weise hervorkam. Am Mittag desselben Tages fing die Erde an der erwähnten Stelle an aufzuschwellen, so daß der Boden da, wo er vorher gesunken war, um 8 Uhr Abends ungefähr eben so hoch als der Monte Ruosi war, nämlich eben so hoch als genannter Berg ist, da wo dieser kleine Thurm steht; und um diese Zeit**) brach das Feuer empor und bildete den Schlund mit solcher Kraft, mit solchem

*) Nach der Uebersetzung, welche Haagen von Mathiesen geliefert hat. Das Original ist mir leider nicht zugänglich.

**) Nicht um 2 Uhr in der Nacht, wie einige Uebersetzer von Berichten gemeint haben, weil im italienischen Texte 2 Uhr steht, was aber die zweite Stunde der Nacht, d. h. 8 Uhr Abends nach unserer Zeitrechnung, bedeutet.

Lärm und Glanz, daß ich, der ich im Garten stand, einen großen Schrecken bekam. Ehe zwei Drittheil einer Stunde verlaufen waren, begab ich mich, obwohl halb krank, auf eine naheliegende Höhe, von wo ich Alles sah. Und, meiner Treue, es war ein schönes Feuer, das so viel Erde und so viele Steine emporgeworfen hatte, und fortwährend emporwarf! Sie fielen wieder um die Feuermündung herum nieder, so daß dieselbe gegen das Meer gleichsam eine Armbrust ausfüllten, deren Bogen anderthalb Miglio (8000 Fuß) und deren Pfeil zwei Drittheil Miglio (3500 Fuß) gewesen sein kann.

Auf der Pozzolo-Seite hat es einen Berg, beinahe von der Höhe des Monte Morello, gebildet; und in einer Entfernung von 70 Miglien (16 Meilen circa) sind Erde und Bäume ringsumher mit Asche bedeckt worden. Auf meinem Landsitze habe ich weder ein Blatt auf den Bäumen, noch einen Grashalm; aber nahe bei Pozzolo in einem Abstande von 6 Miglien (1 1/3 Meile) giebt es keinen Baum, dessen Zweige nicht abgebrochen sind; ja oft kann man nicht einmal sehen, daß es Bäume gewesen. Die hier gefallene Asche ist gröber, war auch weich*), schwefelig und schwer. Sie hat nicht allein die Bäume umgeworfen, sondern auch eine Menge Vögel, Hasen und kleinere Thiere, die sich da befanden, getödtet. Ich wurde gestern genöthigt zur See nach Pozzolo zurückzukehren in Gesellschaft des Messer Cecco de Loffedro, der die Sache, welche Messer Pavolo Antonio angeht, führt. Da waren viele Menschen, um zu sehen, und staunten. Es war nichts Anderes da, als der Berg: ich sage, Nichts im Vergleich mit der vorigen Nacht, da die Erde aufschwoll, das heißt, als ich mich dahin begab. Und da Niemand aus Neapel und überhaupt nur Wenige, die es wieder erzählen können, das Feuer dieser Nacht sahen, so werde ich gleichsam der Einzige sein, der darüber berichten kann.**)

---

*) Wahrscheinlich steht im italienischen Texte „molle“, was aber auch „naß, feucht“ heißt. Das giebt einigen Verdacht gegen die Genauigkeit der Uebersetzung des Herrn H. v. M.

**) Man übersehe diese Worte nicht, welche als glaubwürdig die Wichtigkeit in hohem Grade steigern, sagt Francesco Palermo, der Herausgeber dieser Nachrichten.

Seit der Nacht, in welcher die Brigaden (?) die Stelle verlassen haben, ist nichts Merkwürdiges vorgefallen, was nur im Geringsten mit dem damals Geschehenen verglichen werden könnte; weshalb ich es mit einem Beispiele erläutern will. Stellen Sie sich vor, es sei der Feuerschlund des Kastells Santo Agnolo (?) mit Raketen, die angezündet werden, erfüllt. Es ist kein Zweifel, daß diese Raketen, obgleich sie gerade in die Höhe steigen, bisweilen beim Niederfallen von ihrer Richtung abwichen, so daß sie nicht wieder in's Kastell, woraus sie hervorkamen, zurückfallen, sondern in den Tiber und auf die umliegenden Wiesen. Stellen Sie sich ferner vor, daß so viele Raketen-Hülsen in den Tiber niederstürzten, daß sie diesen angefüllt haben, daß sie da 25 bis 26 Fuß dick liegen, und daß gegen die Wiesen so viele davon gefallen sind, daß sie einen Berg hervorgebracht haben, der von Messer Bindo's Weinberg bis Monte Mari reicht und an Höhe dem Santo Silvestro in Tusculano nicht viel nachgiebt; gegen Santo Pietro, nehmen wir an, sind wenige Raketen gefallen, weil der Wind aus Westen wehte und dieselben in der angenommenen Richtung führte.

Auf ähnliche Weise machte es der Schlund, der Massen Erde und Steine von der Größe eines Ochsen zu einer Höhe emporschleuderte, die ich auf anderthalb Miglien anschlage. Darauf fielen sie wieder nahe beim Schlunde in einem Bogen von 1, 2 oder 3 Bogenschüssen Weite herunter; auf diese Weise füllten sie diesen Theil des Meeres an und bildeten den besagten Berg. Diese erwähnte Menge Erde und Steine fiel trocken wieder herunter. Dasselbe Feuer warf zur selben Zeit eine gewisse andere leichte Erde und kleinere Steine bis zu einer viel größeren Höhe empor, und diese fielen weiter vom Feuer in weichem (?) und schlammigem Zustande herunter: ein deutliches Kennzeichen, daß sie die kältere Region erreichten und sich, wie andere Dämpfe, die diese Höhe erreichen, in Wasser verwandeln. Dies war auch Ursache, daß die Asche weich (?) und mit wenigem Wasser vermischt wieder herunterfiel, obgleich der Himmel heiter war. Ich konnte jetzt die natürlichen Ursachen zu der Austrocknung des Meeres angeben und hervorheben, sowohl die materiellen als formellen und wirksamen, welche Austrock-

nung durch den kleinen Fluß mit zuerst kaltem und dann lauem Wasser bewirkt wurde; außerdem die Ursachen der Senkung des Bodens und der darauf folgenden Erhebung; endlich die des Feuer=Ausbruches, so wie die der Erderschütterungen, wovon man hier, 10 Tage vorher, 10 in jeder Stunde fühlte, und die in Pozzolo unaufhörlich die Erde erschütterten, und nach geschehenem Ausbruche weder hier noch dort gespürt wurden. Aber da ich weiß, daß Messer Simone Porzio mit so gründlichen Kenntnissen diese dem Vice=König und dem hochehrwürdigen Farnese beschrieben hat, so will ich nicht das Aussehen haben, als wenn ich mich mit den Verdiensten Anderer schmückte.

Pozzolo ist ganz von Einwohnern verlassen und Sie würden nicht das Meer wieder erkennen können, welches Ihnen gepflügte Erde zu sein scheinen würde, und oben mit einer Rinde von Steinchen, welche sie hier Rapilli nennen, von der Dicke einer halben Palme (5 Zoll circa), und welche oben auf dem Wasser schwimmen. Aber was ich nicht recht begreifen kann, ist die Menge von Asche und Steinen, welche aus diesem Schlunde hervorgekommen ist, und wenn man Rücksicht auf das nimmt, was von dieser Menge in's Meer gefallen ist, ferner auf den entstandenen Berg und auf die Asche, die, wie Sie wissen, hierher geführt wurde und ein Ueberbleibsel von den verbrannten Bestandtheilen ist, welche, wenn man sie auf einen Ort sammeln könnte, einen außerordentlich großen Berg bilden würde. Diesen Morgen habe ich noch mit einem Manne gesprochen, der von Jeboli, 45 Miglien (10 Meilen) vom Feuer entfernt, kam. Er sagte mir, daß dieselbe Asche auch da gefallen wäre, daß das Feuer sich über 10 Miglien (2 Meilen) unter der Erde fortbewegt haben sollte und auf diese Weise die außerordentliche Menge Erde in die Höhe geworfen hätte. Wenn dies nicht genügen sollte, so müßte es sich weiter unter der Erde ausgebreitet haben. Und Gott gebe, daß die Wölbung sich nicht bis gerade unter Neapel ausbreitete! Noch gestern, da wir über Land nach Pozzolo zurückkehrten, sahen wir zwei Feuerschlünde, die auf's Neue entstanden waren, in der Entfernung dreier Miglien (16000 Fuß) von Neapel.

Es sind mancherlei Meinungen hierüber von sehr tüchtigen

Männern ausgesprochen worden. Einige glauben, daß Neapel in großer Gefahr sei. Man hat einige Processionen abgehalten, und es soll eine unendliche Menge sehr tiefer Brunnen zwischen Neapel und Pozzolo gegraben werden, „um dem Feuer zur Ader zu lassen." In Rücksicht auf die Vorbedeutung, die man hieraus entlehnen kann, so bedeutet der Umstand, daß die Raketen, wie oben erwähnt, von West nach Ost gegangen sind, daß der Kaiser die Türken angreifen will. —

Der Auszug aus dem oben angeführten lateinisch geschriebenen Berichte des Simone Porzio, welchen uns Mazzella giebt, lautet folgendermaßen: Die Gegend von Puzzuoli war ungefähr zwei Jahre hindurch von heftigen Erdbeben so erschüttert worden, daß in derselben kein Haus stehen geblieben war, welches nicht in Bälde den Einsturz drohte. Aber am 27. und 28. September des Jahres 1538 wurde die Erde unaufhörlich bei Tag und bei Nacht erschüttert. Dabei trat das Meer ungefähr 200 Schritte weit zurück, so daß die Anwohner an dieser Stelle eine außerordentliche Menge von Fischen aufgegriffen haben; auch zeigten sich dort süße Quellen. Am 29. endlich sah man, wie ein großer Strich Landes, der zwischen dem Fuß des Berges Gaurus (auch Monte Barbaro genannt) und dem Meere, neben dem Averner-See liegt, sich erhob, eines plötzlich entstehenden Berges Gestalt annehmend. Nachdem dieser Erdhügel sich um die zweite Stunde der Nacht, wie durch ein Maul, geöffnet hatte, stieß er mit großem Getöse Feuer, Bimsteine, Steine und von einer scheußlichen Asche eine so große Masse aus, daß die bis dahin noch stehenden Gebäude von Puzzuoli verschüttet, alles Gras und Kräuter bedeckt, die Bäume gebrochen und die hangende Weinlese bis zum sechsten (Meilen-) Steine in Asche verwandelt wurde. Vögel und einige vierfüßige Thiere wurden getödtet. Nach der Aussage der fliehenden Puzzuolaner, die sich mit Weib und Kind und großem Geheul nach Neapel retteten, war die Asche nahe bei dem Schlunde trocken, weiter hin aber fiel sie kothig und feucht. Denn, was alles Wunderbare übertrifft, man sah einen Berg um jenen Schlund herum (jetzt Monte Nuovo genannt) aus Bimstein und Asche zu mehr als 1000 Schritt Höhe in einer Nacht aufgehäuft, in dem viele Oeffnungen

waren, von denen jetzt noch zwei übrig sind, die eine neben dem Averner-See, die andere in der Mitte des Berges. Ein großer Theil des Averner-Sees wurde durch die Asche ausgefüllt. Die seit so vielen Jahrhunderten zahlreich besuchten Bäder, die so vielen Kranken Heil brachten, liegen unter der Asche begraben. Es dauert der Brand noch bis auf diesen Tag fort, indessen mit einigen Unterbrechungen. —

Aus der Lebensbeschreibung des Vice-Königs entnehme ich nur folgende Stelle: Dieses Ausspeien währte unaufhörlich zwei Tage und zwei Nächte. Freilich ist es wahr, daß es wachsend zu- und abnahm; jedoch, als es am heftigsten war, konnte man sogar in Neapel ein Dröhnen, den Wiederhall davon, und ein Getöse, wie von schwerem Geschütze zweier kämpfenden Armeen hören. Am dritten Tage hörte diese Erscheinung auf, der Berg kam unbedeckt zum Vorschein zu nicht geringer Verwunderung eines Jeden, der es sah; und vom obersten Gipfel dieses Berges konnte man in dem Innern eine runde Vertiefung von der Breite eines Viertel Miglio (1340 Fuß circa) wahrnehmen, in deren Mitte man die zurückgefallenen Steine, wie Wasser in einem Grapen, der über ein angezündetes Feuer gesetzt ist, kochen sah. Die Einwohner von Pozzolo verließen ihre Wohnungen und flüchteten mit Frauen und Kindern, einige zu Wasser, andere zu Lande. Der Vice-König ritt gleich an Ort und Stelle und, indem er auf dem Berge San Gennaro anhielt, sah er den Schrecken erregenden Anblick und die unglückliche Stadt ganz mit Asche bedeckt, so daß man kaum Spuren von Häusern entdecken konnte.

Erschreckt durch diese Verheerung, beschlossen die Einwohner von Pozzolo die Stadt zu verlassen; aber der Vice-König, der nicht zugeben wollte, daß eine Stadt, die so alt und so nützlich für die Welt, verfiele, befahl ihnen wieder umzukehren und befreite sie auf viele Jahre von Abgaben. Um dieselben nun zu ermuntern, ließ er einen Palast mit einem hübschen und starken Thurm bauen und richtete da öffentliche Springbrunnen ein; gab auch Befehl, eine Strecke von 1 Miglio zu ebenen. Der Weg nach Neapel wurde wieder hergestellt und die Grotte, welche sich auf diesem Wege befindet, erweitert und planirt, auf solche Weise, daß man jetzt ohne Licht hindurch kommen kann.

Ferner ließ der Vice-König auf eigene Kosten eine Kirche für San Francisco erbauen, und nach seinem Wunsche wurden von den neapolitanischen Großen und von seinen Anhängern viele Paläste erbaut. Endlich wurden außerdem die Bäder möglichst wieder in Stand gesetzt und die Mauern der Stadt ausgebessert. Um alle diese Dinge zu fördern, beschloß der Vice-König selbst die Hälfte des Jahres daselbst zu wohnen; indessen konnte er seiner Gesundheit wegen nur im Frühjahr sich dort aufhalten.

Das sind die Aussagen der Zeitgenossen über das merkwürdige Ereigniß. Seitdem ist der Berg unverändert geblieben. Er ist gegenwärtig zum Theil mit Buschwerk bewachsen und sein Gipfel liegt 427 Fuß über dem Meere. Der etwa 1500 Fuß im Umfange haltende, tiefe Krater scheint ziemlich unverändert und setzt fast bis zum Meeresspiegel nieder. Im vorigen Jahrhundert hatte er sogar auf dem Boden noch eine erhöhte Temperatur, die aber jetzt verschwunden ist. Der Fuß des ganzen Berges hat etwa eine halbe Stunde (8000 Fuß) im Umfange; an der Meeresseite desselben giebt es noch heute eine Spalte, welche warme Wasserdämpfe aushaucht. Was endlich die Zusammensetzung des Berges näher anbetrifft, so giebt ein Brief von Buch an Naumann uns auch darüber einen bestimmteren Aufschluß. Buch schreibt:

„Wo hinaus liegt das Ziel Ihrer Wanderung?" — Mit dieser Frage kam mir der edle Marchese Lorenzo Pareto, der ausgezeichnete genueser Geognost, entgegen, als ich am 11. September 1845 Morgens 7 Uhr in das Caffé de l'Europe, Strada Toledo in Neapel, eintrat, den Hammer in der Hand. Meine Absicht ist den Monte Nuovo zu besuchen. Ich war dort mit Dufrénoy am 11. October 1834. Wir hatten uns überzeugt, der Berg könne nicht ausgeworfen sein, sondern müsse sich in Masse aus dem Innern erhoben haben. Die Tuff-Schichten, aus welchen das Innere besteht, erlauben gar nicht an ein Auswerfen und Erheben des Berges durch ausgeworfene Steine und Schlacken zu denken. Es ist ein deutlicher Erhebungskrater. Aber Philippi, der so lange in Neapel lebte, setzt sich diesen Ansichten entgegen, und hält sie sogar für widersinnig. Er meint, da Wasserdämpfe ohne

Zweifel bei dem Ausbruch emporgestiegen, so mögen durch feuchte Dämpfe wohl Bimsteinstücke zusammengeleimt worden sein, was zu unserem Irrthum Veranlassung gegeben habe, solche zusammengeleimte Massen für anstehende Tuffschichten zu halten. „Herr Philippi scheint wenig Vertrauen auf Ihre Beobachtungsgabe zu haben", sagte Pareto. — Das ist nun einmal deutscher Charakter; man muß sich darin finden. Meine Absicht ist mich zu überzeugen, ob ich und Dufrénoy wirklich auf so unverantwortliche Art uns getäuscht haben. Um so mehr bin ich begierig, diesen berühmten Ausbruch wieder zu sehen, als ich ihn in einem Aufsatze (Poggendorffs Annalen 1836) zum Ausgangspunkt einer ganzen Reihe zusammenhängender vulkanischer Erscheinungen benutzt habe. — „Darf ich Sie denn nicht begleiten?" sagte Pareto. — Herr Marchese, Sie machen mich glücklich, Ihr Urtheil soll mich bestimmen und leiten.

Pareto hatte vorher diese Gegend noch niemals gesehen. Wir traten aus dem großen Thor der Posilippgrotte hervor. Wie doch nach Jahrhunderten die Spuren des gewaltigen Ausbruches so wenig verwischt sind! Alle diese braunen und schwarzen Rapilli, welche noch fußhoch Felder und Wege bedecken, sie sind alle vom Monte Nuovo ausgeworfen worden, und man begreift, wie ihr Fall alle Bewohner von Puzzuoli zur eiligen Flucht nöthigen konnte. Allein, bemerken Sie wohl, es ist zerriebener Trachyt, kein Bimsteinstück läßt sich sehen. Auch nahe bei Puzzuoli nicht, noch weniger auf dem Abhange selbst, werden Sie Bimsteine finden. Die durchbrochenen Tuffschichten haben, im Vergleich zur übrigen ausgeworfenen Masse, zu wenig Bimstein geliefert; er verliert sich zwischen Rapilli und Schlacken. Wenn daher Berichte (jener alten Zeit) von Bimsteinausbrüchen reden, so scheint es wohl am rathsamsten, seinen eigenen Augen mehr zu trauen, und zu glauben, die Berichte unterscheiden nicht eben so sorgfältig die Producte des Ausbruches.

Immer größer werden die ausgeworfenen Stücke, und da wir nun am Abhang des Monte Nuovo heraufsteigen, rollen die Schlackenstücke unter unsern Füßen über einander. Am ganzen Abhange weit und breit läßt sich nichts Anderes, als

diese geschmolzenen, gedrehten, gewundenen, aufgeblasenen Klumpen entdecken; am wenigsten irgend eine anstehende Schicht Wasserrisse hatten das Innere tief herunter eröffnet. Pareto, sehr nachdenkend, untersuchte sehr sorgfältig die Seiten dieser eröffneten Schlünde. Nichts als rollende Schlacken. Da wird er unruhig. „Das ist doch sehr bedenklich, sagte er; wie soll ich das mit Ihrer Ansicht der Erhebung vereinigen?" — Wir sind noch nicht oben, erwiederte ich. — „Nun wohl, so lassen Sie uns eilen." Und mit wenigen Sprüngen stand er am Rande des Kraters, dort, wo man sogleich, mit großer Ueberraschung, den ganzen Krater übersieht. Er stand unbeweglich. — Sie scheinen erstaunt, Herr Marchese? — „Ja, ich bin es, sagte er, ich bin es mehr, als ich sagen kann. Was sehe ich vor meinen Augen! kann man doch kaum ein Flötzgebirge regelmäßiger zeichnen; so liegen die weißen Schichten über einander."

Sorgfältig untersuchte er vom Abhange zum Boden des Kraters diese Schichten, ob man sie für angelehnt oder in das Innere eindringend halten müsse. Es ist kein Zweifel, sie neigen sich in den Berg herein, am Abhange herunter. Es sind anstehende Schichten von Posilipp-Tuff. Wir umgingen den Krater. „Wie ist es doch möglich, sagte er, daß man hier jemals an einen Aufschüttungsberg hat denken können? Wo wir nur hingehen, sehen wir die zusammenhängenden Tuffschichten fortsetzen, und man kann sie fast ringsum im Innern des Kraters verfolgen. Und wie schön sind nicht hier die ausgeworfenen Schlacken von den festen Tuffschichten getrennt! Sie bilden eine obere Schicht, welche sich scharf von der weißen Unterlage abschneidet. Ich glaube sogar, fuhr Pareto fort, man kann die Richtung des Windes bestimmen, der die Auswürflinge entführt und sie über die ganze Gegend zerstreut hat; denn gegen West und Südwest ist die Schlackenschicht auf dem Tuff viel höher, als nach Osten hin." — Ihre Bemerkung ist sehr gegründet, erwiederte ich, um so mehr, da gerade auch dorthin die Schlacken besonders groß, zum Theil auch zusammengesintert sind, weshalb man sie auch oft für einen Lavastrom gehalten und als solchen beschrieben hat. — Und nun, scheint Ihnen nicht diese merkwürdige und höchst lehrreiche Thatsache

eines Besuches, einer besonderen Untersuchung der ganzen geognostischen Section der Naturforscher-Versammlung höchst würdig? — „So sehr, sagte Pareto, daß ich sogleich die Section veranlassen werde, sich nach diesem Berge zu begeben".

Und so geschah es. Schon am 23. September fuhr am Morgen eine lange Wagenreihe durch den Posilipp dem Monte Nuovo zu. Am Abhange verweilte man nicht lange, die Ungeduld trieb zum Krater-Rande hinauf. Die Ueberraschung war allgemein. Mehr als dreißig Geognosten drängten sich um die Tuffschichten, sie in allen ihren Theilen zu untersuchen. Da schrie plötzlich Collegno, der Turiner: „Turritellen, hier sind Turritellen im Tuff!" Und sogleich wühlten die dreißig Hämmer bis in das Innere der Schicht. — „Der Ausbruch hat sie von unten aus dem Meere mit hervorgebracht, sagte Scacchi, da ist nichts zu verwundern." — Nein, o nein! schallte es von allen Seiten. Hier sind Petrefacten in Menge, Pecten opercularis; hier Cardium edule, Buccinum mutabile; und das wohl in der Schicht selbst, die den Körper des Berges bildet, sie liegen so tief herein, als man nur in dieser Schicht eindringen kann. „Wenn das ist, meinte Pasini von Schio, der Präsident der Section, so müßte man diese Versteinerungen, diese Muscheln, auch jenseits auffinden können; denn diese Schicht läßt sich fast ohne Unterbrechung bis zur gegenüberstehenden Seite des Krater-Abhanges verfolgen." Mehr als ein Dutzend Hämmer waren bei diesen Worten schon die zweihundert Fuß bis zum Boden des Kraters herabgesprungen und jenseits wieder herauf, und bald schallte es von jenseits herüber: „Eccoli, Eccoli! Ganz so wie dort, vergraben im Tuff." —

Scacchi verstummte, und Neapel sahe keinen Geognosten zurückkommen, der nicht von der Erhebung des Berges vollkommen überzeugt gewesen wäre. Am andern Tage erfreute uns Pareto in der Section mit einem eben so zierlich gesetzten, als gründlichen und klaren Bericht über Alles, was am Monte Nuovo gesehen und gelernt worden war. Wäre der Ausbruch noch stärker gewesen, so hätte sich, wie so schön im Astroni, aus dem Innern eine Trachytkuppel erhoben, der Anfang eines neuen Vulkans. Diese schöne Darstellung ist in den Berichten der Section gedruckt; allein Scacchi, ein gründ-

licher Mineralog, Krystallograph und Conchiolog, aber eifersüchtig, wie alle Italiener, die jederzeit bestreiten, was ein Fremder gesehen hat, Scacchi erzählt in seinem Generalbericht, daß die Section den Monte Nuovo besucht habe, aber vom Erfolge des Besuches kein Wort.

Dreiundzwanzigster Brief.

Theorie der Erhebungs-Kratere.

Ich hätte es der Männer, deren Ansichten ich wieder gegeben habe, und der Sache, die sie vertreten, für unwürdig gehalten, wenn ich dem Schlusse des vorigen Briefes noch ein Wort hätte hinzufügen wollen. Die Bedeutung, welche die Thatsache der Erhebung des Monte Nuovo für unsere Vorstellungen von der Bildung der Vulkane hat, wird Ihnen erst durch den Inhalt der nachfolgenden Zeilen vollständig klar werden.

Als Leopold von Buch, der unermüdliche Forscher auf dem Gebiete der Geologie und der verwandten Wissenschaften, von seiner berühmten Reise nach den canarischen Inseln zurückgekommen war, veröffentlichte er eine Reihe von Arbeiten über die Theorie der Vulkane, deren Grundlage seine Lehre von der mechanischen Entstehung der Vulkane bildete, welche er zuerst in einer akademischen Abhandlung über basaltische Inseln und Erhebungs-Kratere veröffentlichte.

Buch hatte sich lange Zeit mit den vulkanischen Erscheinungen beschäftigt. Als eifriger Schüler Werner's, der zu Ende des vorigen Jahrhunderts fast ganz Europa zu der Lehre von der wäßrigen Entstehung aller Gesteine bekehrt hatte, war er als junger Mann mit diesen Ansichten zum Vesuv und auch in das südliche Frankreich gekommen, wo zahlreiche erloschene Vulkane die Spuren ihrer großartigen Thätigkeit zurückgelassen haben. Die Macht der Erscheinungen überwältigte ihn, die vorgefaßten Ansichten fingen an zu weichen. „So stehen wir bestürzt und verlegen, sagt er am Ende seiner classischen Briefe

aus der Auvergne, über die Resultate, zu denen uns die Ansicht des Mont Dor nöthigt." Aus dem treuen Anhänger des Neptunismus war der Vater des neueren Vulkanismus geworden. Im Jahre 1805 besuchte er mit dem jüngst von Amerika zurückgekehrten Jugendfreunde Humboldt und dem berühmten Physiker und Chemiker Gay-Lussac abermals den Vesuv, wobei sie vom Glücke so begünstigt waren, daß der bis dahin ruhige Vesuv eines Tages, als sie auf dem Balcon ihres Hauses in Neapel standen, einen glänzenden Ausbruch begann, dessen Erscheinungen sie in ihrer vollständigen Reihenfolge zu beobachten vermogten.

Durch diese eigenen Erfahrungen belehrt und durch die Resultate der Humboldt'schen Reisen bereichert, entschloß sich Buch im Anfang des Jahres 1815 die canarischen Inseln zu besuchen, deren vulkanische Zusammensetzung und tropische Natur für sein Interesse gleich anziehend waren. Zu Ende desselben Jahres kehrte er von ihnen zurück. Er hatte die Inseln Teneriffa, Gran Canaria, Palma und Lanzerote einer näheren Untersuchung unterworfen. Zuerst war er auf Teneriffa gelandet. Der mächtige Pico de Teyde, der Hauptvulkan der ganzen Inselgruppe, hatte ihn lange beschäftigt, darauf hatte er die, von Teneriffa sehr verschiedene, Gran Canaria besucht, und endlich fand sich Gelegenheit auch nach Palma zu gelangen.

„Nachdem wir, sagt er in der vorerwähnten Abhandlung, Madeira gesehen, Teneriffa und Gran Canaria untersucht hatten, ward doch unsere Neugierde nicht wenig gereizt, wenn man uns von Palma erzählte und von der großen Caldera, in die man nur mit Lebensgefahr sich hinein wagen könnte, und wenn wir lasen, wie in dieser Caldera der letzte Fürst der eingeborenen Guanchen, der tapfere Tanausu, gegen die Spanier und ihren kriegserfahrenen Anführer Alonzo de Lugo sich viele Monate lang glücklich vertheidigt hatte, und nur durch verrätherisches Hervorlocken bezwungen werden konnte.

Wir erreichten die Insel bei der Stadt Sta. Cruz und begaben uns sogleich nach den Zuckerplantagen von Argual auf der westlichen Seite. Den folgenden Tag waren wir auf dem Wege nach der Caldera. Ein tiefes, senkrecht umschlossenes Thal, der Baranco de las Angustias öffnete sich dorthin,

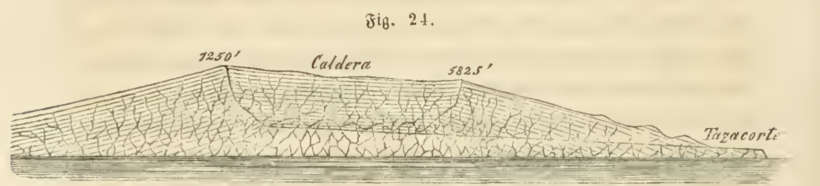
mehr einer großen Spalte, als einem Thal ähnlich (Fig. 23). Im Hintergrunde, weit in der Ferne, sah man senkrechte Felsen, völlig

Fig. 23.



in den wunderbaren zerrissenen Formen einer alpinischen Aussicht. Das Thal selbst zertheilte die Schichten, aus denen seine Seiten bestanden, und man sah sie die ganze Länge fort sich regelmäßig gegen das Innere erheben. Mit ihnen die Berge.

Fig. 24.



Auf solche Art erschienen die obersten Schichten der Berge, am Ufer im Niveau des Meeres, und beim Heraufgange im Thale durchschnitten wir, wie im vorstehenden Profile (Fig. 24) angedeutet ist, die ganze Reihe der Schichten, aus denen diese Insel bestand. Schon im ersten Herabsteigen von dem Städtchen Argual gegen den Boden des Baranco setzten uns Blöcke nicht wenig in Erstaunen, da wir von ihrem Gestein bisher nicht eine Spur gesehen hatten, nicht auf Gran Canaria, nicht auf Teneriffa oder Madeira. Es waren Massen von frischem Feldspath und gemeiner Hornblende, mit Glimmer, und auch wohl mit Granaten und Schwefelkies dazwischen, ein Gestein, wie es am St. Gotthardt und in Schlesischen Gebirgen, dem Glimmerschiefer untergeordnet, vorkommt. Diese Blöcke waren aus dem oberen Theil des Thales oder der Caldera hierher geführt, denn in ihrer Nähe stand nur Basalt an. Er war dicht und schwer, mit glänzenden Krystallen von Augit und großen Körnern von Olivin erfüllt; ein Basalt, wie aus den Bergen des Mittelgebirges in Böhmen. Auch dieser Anblick war uns neu, denn solcher Basalt ist auf diesen Inseln eine große Seltenheit. Darüber lagen Schichten von Geröll, und auch darunter wechselten

in großer Zahl Geröllagen von 10 bis 15 Fuß Höhe mit dichteren Schichten, zum Theil mit Mandelstein.

Weiter im engen Thale herauf erschienen von der Höhe Gänge wie Mauern durch die lockeren Geröllmassen und aus ihnen hervor. Sie waren mit feinkörnigen Basalt-Gesteinen erfüllt, welche sparsam Augit, Olivin aber kaum, und nur in sehr feinen Körnern umschlossen. Je weiter wir in der Enge vordrangen, um so häufiger wurden diese Gänge und da, wo endlich, wie in den Schöllenen im Reußthal, die Felsen nahe herantreten und der Bach in der Tiefe schäumend von Block zu Block fällt, da liefen die Gänge in allen Richtungen von oben herunter, durchschnitten, verwarfen*) sich in der wunderbarsten Art, so daß die hohe Felswand von ihnen, wie von einem Netz, bedeckt war. Die Schichten in ihrem Fortlauf noch zu verfolgen, war nun nicht mehr möglich. Die Gänge hatten sie völlig in Trümmer gerissen und diese Trümmer hielten sie in chaotischer Wildheit durch ihre feste Masse vereinigt. Einige Schichten sind sogar im Halbkreis gebogen, andere in scharfen Winkeln gebrochen, von anderen verschwindet der Fortlauf so ganz, daß man sie für fremdartige Blöcke halten mögte, wären sie nicht fest von den Gängen umschlossen. Dahin ist es freilich mühsam zu dringen. Die Sonnenstrahlen erleuchten nur für wenig Stunden die Enge, und man muß durch das Wasser des Baches von Block zu Block springen, oder sich mit den Händen um überhangende Felsstücke herumschwingen. Es ist das Tiefste, das Innere des Gebirges.

Das Gestein zwischen den Gängen hatte schon lange das Ansehen einer körnigen Masse, doch sahe man bei näherer Betrachtung bald, daß es dies Ansehen nur einer großen Zahl von kleinen Höhlungen verdankte, die innerlich mit Zeolithen ausgekleidet waren. Die Masse selbst ist Trachyt, dunkel rauchgrau der Grund, glasige Feldspäthe haben sich in großer Menge, aber nur in langgezogenen sehr dünnen Krystallen darin ausgeschieden. Wenig weiter ist dies Gestein vermengt und endlich weicht es demjenigen, das wir in Blöcken unten im Baranco fanden. Neben den Syeniten erscheinen Gemenge von Epidot

*) So viel als verschoben.

mit Kalkspath und Granaten, wie man dergleichen im Hornblendschiefer bei Kupferberg in Schlesien antrifft. Das sind offenbar Gesteine einer Primitiv-Formation und gewiß sind sie nicht weit von ihrer ursprünglichen Lagerstätte entfernt, denn es sind nicht ausgeworfene Blöcke, sondern zerrissene Schichten. Die basaltischen Gänge setzen durch sie hin und halten sie als ein Ganzes zusammen.

Die Spalte hebt sich nun schneller gegen die Caldera hinauf; man steigt wieder zu früher gesehenen Schichten in die Höhe, und da, wo man endlich den Boden der Kesselumgebung betritt, 2164 Fuß über dem Meere, hat man schon wieder völlig basaltische Geröll- und feinkörnige Basalt-Schichten erreicht. Das Innere des ungeheuren Kessels besteht nun gänzlich aus Schichten über einander, welche hier mit mehreren tausend Fuß hohen Abstürzen umherstehen. Sie scheinen horizontal auf einander zu liegen, denn es sind die Köpfe*) der Schichten, welche vom Meere aus mit der Steigung der äußeren Fläche heraufsteigen, so daß man die Caldera als die Axe des Kegels ansehen kann, den die Insel selbst bildet. Hin und wieder dringen auch noch hier die Gänge bis zum Gipfel herauf, durchschneiden die Felsen und stehen nicht selten wie ungeheure Wände hervor. Auf dem Boden zieht ein flaches Thal gegen Südwesten hin, von flachen Hügeln umgeben.

Das ist dem Krater eines Vulkans nicht ähnlich. Hier sind keine Lavenströme, keine Schlacken, keine rollenden Rapilli und Aschen. Und noch nie hat man wohl Kratere eines Vulkans beobachtet, von solchem Umfang, von solcher Größe, so tief und prallig eingesenkt. — Wenige Tage später stiegen wir von Sta. Cruz auf der äußeren Seite des Gebirges bis zum Gipfel-Rande fast immer nur auf feinkörnigen Basaltschichten. Wir fanden den Rand von Pico del Cedro 6756 Fuß, den Pico de los Muchachos gegenüber, den höchsten Punkt der Insel 7160 Fuß hoch.**) Von diesen Höhen fallen die Felsen sogleich bis in die Caldera herunter. Die Tiefe dieses imposanten Kessels beträgt also nicht weniger als 4800 Fuß. —

*) Die Ausläufer nach oben.

**) Nach neueren Messungen von Cap. Vidal 2277 m. und 2356 m.

Oben auf diesen Höhen war von Schlacken und Rapillikegeln nicht eine Spur. Das Gestein ist wieder dem Basalt sehr ähnlich, graulichschwarz, wenig schimmernd und schwer.

Bei dem Ueberblick dieser merkwürdigen, rund umher ausgebreiteten Insel, bei der Ansicht des Umfanges und der Tiefe des Kessels der Mitte, bei dem Gedanken, wie hier nicht Lavenströme, sondern Schichten gleichförmig vom Meere bis zur höchsten Höhe sich erheben, sieht man gleichsam von selbst die ganze Insel aus dem Boden der See heraufsteigen; die Schichten werden von der hebenden Ursache, von den elastischen Mächten des Innern selbst mit erhoben und in der Mitte brechen diese Dämpfe hervor und eröffnen das Innere. Dieser Krater wäre denn eine Wirkung der Erhebung der Insel, und deswegen nenne ich ihn den Erhebungskrater, um ihn nie mit Ausbruchs-, Eruptions-Krateren zu verwechseln, durch welche wahre Vulkane mit der Atmosphäre in Verbindung stehen.

Vielleicht sind wenige Inseln an Deutlichkeit und Schönheit dieser Verhältnisse mit Palma zu vergleichen, allein nachdem sie uns hier so klar sich dargestellt hatten, glaubten wir sie auch auf den anderen canarischen Inseln wieder zu finden, wo sie weniger deutlich und eindringend hervortreten. Offenbar war Gran Canaria durchaus nicht anders gebildet. Diese Insel ist zirkelrund und erhebt sich eben so regelmäßig vom Ufer des Meeres bis zur Mitte. Als wir von las Palmas, der Hauptstadt der Insel, das Dorf Tirarana besuchten, führte uns der Weg einen halben Tag aufwärts sanft in die Höhe bis 2874 Fuß über das Meer, dann plötzlich an senkrechten basaltischen Schichten herunter, 800 Fuß tief. Da lag das Dorf, auf der anderen Seite noch von viel höheren senkrechten Felswänden umgeben, in der Mitte einer ungeheuren Caldera. Wir brauchten volle vier Stunden quer durch sie hin, jenseits den Rand wieder zu erreichen, und mußten dort bis 3611 Fuß heraufsteigen. Und der Pico del Pozo de Nieve, der höchste Punkt der Insel, steht, wie in Palma, mit unersteiglichen Abstürzen über der Caldera, bis 5930 Fuß hoch.

Der Circus, der auf Teneriffa den Kegel des Pic im großen Halbkreise umgiebt, mag wohl ebenfalls noch der Rest des Erhebungs-Kraters sein, in dessen Mitte der Vulkan sich erhob.

Die äußere Umgebung besteht auch aus basaltischen Schichten über einander, die sich vom Meere aus mit der Neigung der Oberfläche heraufheben und nicht blos auf der Seite, wo jetzt noch die senkrechte Umgebung so auffällt, sondern auch dort, wo jetzt Obsidian-Laven des Pic fast Alles bedecken. Das sieht man recht deutlich von Orotava aus an den Abstürzen der Felsen von Tigayga, die uns die ganze innere Bildung dieses Theiles der Insel eröffnen. Man wird die Gesteine dieser Schichten nicht mit den feldspathreichen Laven verwechseln, welche vom Pic herabkommen, oder mit dem weißen Bimsteintuff, der Teneriffa in den unteren Theilen umgiebt.

Die Erhebungs-Ursachen basaltischer Inseln werden offenbar von der Atmosphäre durch eine große Masse von Gesteinen getrennt, die durch ein Uebermaaß von Kraft erst überwunden und gehoben werden müssen. Nicht immer gelingt es jedoch, an den auf diese Weise erhobenen Stellen eine dauernde Verbindung mit der Tiefe herzustellen, und so begreifen wir, wie nicht aus jedem Erhebungs-Krater ein Vulkan entspringt. Wie ja gewöhnlich auch auf Continenten die basaltischen Schichten mit Vulkanen in gar keiner Verbindung stehen. Die oberen Schichten dieser Inseln mögen deswegen doch geflossen sein, sie sind es auch wahrscheinlich. Aber, gern spreche ich es Hutton nach, unter großem Druck; und das unterscheidet sie, und was sie enthalten, und ihre Lagerung gar mächtig von Laven. Druck befördert die Anziehung der Theile, denn er bringt sie näher zusammen, und erzeugt auf solche Art Fossilien, die der Oberfläche näher nicht hervorgebracht werden können. Durch Druck werden flüchtige Substanzen zurückgehalten und gezwungen in die Zusammensetzung der Fossilien einzugehen, welche in Lavenströmen sehr bald in die Atmosphäre entweichen. Sehr viel mag daher wohl geflossen sein, was einst als Schicht einer basaltischen Insel erhoben ward, so viel auf dem Boden des Meeres wohl fließen kann."

Ich habe Ihnen eine kurze Charakteristik der wissenschaftlichen Ausbildung des berühmten Mannes vorausgeschickt, dessen Ansichten ich so eben ausführlicher mitgetheilt habe, damit Sie erkennen, daß man keine Ursache hat, die von ihm ausgesprochenen Meinungen obenhin zu behandeln. Er kam als ein

Mann von der gründlichsten Vorbildung, als ein gereifter Kenner der Vulkane nach den Canaren, er ging nicht darauf aus neue Theorien aufzustellen, er hatte seine Ansicht über die Vulkane bereits in seinen Arbeiten über die Umgegend von Rom und von Neapel und über die Auvergne dargelegt, er fand die Erscheinungen am Pic von Teneriffa mit diesen Ansichten in Uebereinstimmung — da trat ihm plötzlich auf der Insel Palma ein Bild ganz neuer Art entgegen. Hier hatte, wie es schien, Trachyt zuerst den alten Syenit durchbrochen, und war mit diesem dann zugleich von Gängen von Basalt durchzogen worden, welche über ihm noch eine große Reihe von Lagen basaltischer Conglomerate und compacter Schichten gebildet hatten. Wahrscheinlich waren diese Ausbrüche aus verhältnißmäßig kleinen und zahlreichen Spalten auf dem Meeresgrunde hervorgedrungen, und spätere vulkanische Aufblähungen hatten dann diese gesammten Massen nicht blos emporgetrieben, sondern auch, weil sie auf einem Punkte nur hebend wirkten, in der Mitte aufgesprengt. Trotz dieser Sprengung hatte sich jedoch an dieser Stelle kein Vulkan gebildet, weil kein offener Schlott entstanden war, der von innen auswärts führte.

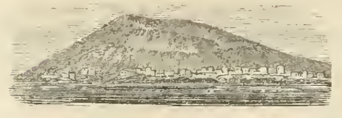
Die Eigenthümlichkeit dieser Beobachtungen brachte die neue Theorie zum Vorschein, aber diese Anschauungsweise blieb nicht ohne Widerspruch. Man wollte in den älteren Gesteinen, welche die Vulkane oft, nicht blos die bisher angeführten, mantelförmig ganz oder halb umgeben, nur die Producte älterer Ausbrüche sehen; man erklärte die Erhebungs-Krater nur für größere Krater älterer Vulkane und meinte, daß die geistreiche Lebendigkeit des großen Vulkanisten ihn zu einer Anschauungsweise fortgerissen habe, die nicht in der Wahrscheinlichkeit begründet sei. Directere Beweise für die neue Ansicht konnte man nicht beibringen, indessen bedurfte man derselben auch nicht, da Buch auch für die seinige dergleichen vorzubringen bis dahin nicht vermogt hatte.

Für ihn und für diejenigen, die seiner Ansicht folgten, handelte es sich nun darum Beispiele aufzusammeln, bei denen sich dergleichen Hebungen entweder wirklich gezeigt hatten, oder die sie doch in hohem Grade wahrscheinlich erscheinen ließen, und dabei dann zugleich die Ansicht zu bekämpfen, daß die Bil-

dung jener basaltischen Gebilde in den Umwallungen wirklicher Vulkane als die Abflüsse älterer Krater anzusehen seien. In dieser Beziehung trug eine Reise, welche Buch mit seinen Freunden Elie de Beaumont, Dufrénoy und Link im Jahre 1834 nach Italien und Sicilien machte, reichliche Früchte. Er fand am Monte Nuovo, wie es ihm und Dufrénoy erschien, ein ganz bestimmtes Beispiel von der Bildung eines Erhebungs-Kraters, freilich nur in kleinem Maaßstabe, und überzeugte sich auch am Vesuv, daß dessen mantelförmige Umgebung, Monte Somma, welche im Halbkreis und in fast gleicher Höhe, als ein nach Innen steiler, nach Außen sanft abfallender Bergwall, den Kegel des Vesuvs umgiebt, als ein Erhebungs-Krater anzusehen sei.

Er ging für diesen Berg noch weiter. Er wies nach, daß nach der Beschreibung von Strabo und anderen alten Schriftstellern, dieser Berg vor seinem ersten Ausbruche, der Pompeji und Herculanum verschüttete, nicht die Gestalt gehabt hat, welche wir jetzt an ihm wahrnehmen. In der That war der Berg, nach übereinstimmender Schilderung, nur ein auf der Höhe eingesenkter Kegel, dessen Vertiefung aber doch so groß war, daß Spartacus sich mit 10000 Gladiatoren dahin zurückziehen konnte. Vellejus sagt ausdrücklich, daß sie diesen Berg gewählt hatten, weil er nur einen einzigen schmalen Zugang gehabt habe. Das erinnert unwillkürlich an Palma und die Guanchen, und Buch hat es gewagt nach diesem Muster den Berg vor seinem ersten Ausbruch als Erhebungs-Krater darzustellen, wo der Mantel der Somma fast vollständig ist, und sich nur mit einer Oeffnung gegen das Meer hin versehen zeigt. Sie sehen seine ältere und neuere Gestalt nachfolgend neben einander.

Fig. 25.



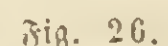


Fig. 26.



Doch fast noch wichtiger für die Entscheidung unserer Frage, als diese Nachweise, waren die Arbeiten, durch welche Beaumont den Gegnern den Boden, so zu sagen, unter den Füßen fortzog. Dieser ausgezeichnete Gelehrte, in der Schule

der exacten Wissenschaften groß gezogen, erkannte bald, daß es sich vorwaltend um die Frage handeln werde, ob man annehmen könne, daß die basaltischen Gesteine, welche offenbar einst geflossen sind, und nun die Wände der Erhebungs-Krater bilden, in der Lage, in welcher sie sich jetzt befinden, können geflossen sein, oder ob nicht. Der Augenschein lehrt am Vesuv, so wie am Aetna, daß Lavenströme nie auf stark geneigtem Boden stehen bleiben. Sie häufen sich erst an, wo er fast eben wird, und Beaumont machte sich daher daran, die Neigungswinkel des Terrains genau zu messen, bei denen Lavenströme in compacten Massen sich aufgelagert haben. Das Resultat war einfach. Kein Lavenstrom bleibt stehen auf einer Fläche, welche mehr als 6 bis 8 Grad Neigung hat.

Der Rückschluß ist eben so einfach. Da die Schichten der Gesteine, welche in Palma und in der Somma anstehen, einen viel größeren Winkel, oft bis gegen 30°, in ihrer Neigung zeigen, so können sie in dieser Lage nicht gebildet sein. Das räumen jetzt auch alle Gegner der Erhebungs-Kratere ein, allein sie nehmen an, daß jene alten Ströme zwar nur auf flach geneigtem Boden sich erhärtet hätten, daß sie aber durch die große Zahl von Gängen, welche sie durchsetzen, in ihrer Masse so vergrößert worden seien, daß sie sich nach und nach, bei der Erfüllung dieser Gänge, hätten erheben müssen, und daß dann später, nach der allmäligen Emportreibung, der sogenannte Erhebungskrater durch einen Einsturz sich gebildet habe.

Das heißt an die Stelle einer einfacheren, auf beobachtete Analogien gestützten Erklärung eine viel verwickeltere setzen. Denn obgleich das Aufsteigen der ganzen Massen zugegeben wird, so soll doch die Ursache dafür nicht eine einzige Erhebung sein, sondern es soll ein wiederholtes, an sich ganz unbedeutendes, Aufdrängen durch die sich erfüllenden Gänge stattgefunden haben. Da man aber keine Beispiele für Hebungen durch Spalten-Erfüllung kennt, so nimmt man an, daß eine andere Erklärung für diese Erscheinung nicht zuläßig sei. Eine so seichte Art der Argumentation hält aber gar nicht Stich. Wir haben Beobachtungen, welche das beweisen. Krug von Nidda sagt in seiner Arbeit über Island:

„Es ist eine allgemein wiederholte Erfahrung, daß die

Gänge des Trappes*), abweichend von den Erzgängen, durchaus keine Störung oder Verwerfung der durchschnittenen Schichten wahrnehmen lassen. Die Schicht, die man bis an das liegende Saalband**) des Ganges verfolgt hat, findet man im Hangenden des Ganges in derselben Lage und in unverändertem Niveau wieder; so daß selbst die unglaubliche Anzahl von Trapp-Gängen nicht die geringste Störung in dem schönen horizontalen Schichtenbau des (Basalt-) Gebirges verursacht hat.

Die Entstehung der Spaltenräume, durch welche die feurig flüssigen Trappmassen hervorgestiegen sind, muß manches Räthselhafte enthalten. Denn der feurig flüssige Trapp hat wohl schwerlich sich dadurch seinen Weg nach oben gebahnt, daß er die Massen, welche seinem Aufdringen Widerstand entgegensetzten, einschmolz und so aufwärts steigend Alles, was er nach oben berührte, in sich auflöste, bis er endlich seinen Ausgang an der Oberfläche fand; auf ähnliche Weise, wie eine starke Säure im Stande ist von unten ein Loch oder eine Ritze in eine Metallplatte zu arbeiten. Die Gangräume, welche wir jetzt mit Trapp gefüllt sehen, waren vielmehr jedenfalls einst leere Spalten durch mechanische Kräfte aufgerissen. Die Trappmasse fand die Spalten schon vor, mögen sie auch, wie es wahrscheinlich ist, durch dieselben Kräfte aufgerissen sein, welche im Erdinnern die Bestandtheile des Gesteins im feurigen Flusse vereinigten.

Es ist aber nicht gut einzusehen, wie die Trennung des Gebirges durch Gangspalten von verhältnißmäßig geringer Mächtigkeit anders entstanden sein könnte, als durch gewaltsame Verschiebung eines oder beider Gebirgstheile. Eine verticale Verschiebung ist nun aber bei den Trappgängen in den durchsetzten Schichten gar nicht zu beobachten, dagegen zeigen sich an den Isländischen Trappgängen Erscheinungen, welche eine Verschiebung nach horizontaler Richtung in hohem Grade wahrscheinlich machen.

Als ich Islands Trappgebirge auf der Ostküste zum ersten Mal betrat, wurde mir die Wichtigkeit, welche die zahlreichen

---

*) Mit diesem älteren schwedischen Namen bezeichnet Krug das basaltische Gestein von Island.

**) Bedeutet die Seitenwand des Ganges.

Gänge in der Bildungsweise des Trappgebirges behaupten, sogleich klar; ich sah ein, daß in ihrer Untersuchung der Schlüssel zur Erklärung des ganzen Gebirges gefunden werden müsse; nur eine Erscheinung an diesen Gängen blieb mir lange Zeit räthselhaft, bis ich sie, nachdem ich das Trappgebirge genauer kennen gelernt hatte, stets und regelmäßig wiederholt fand.

Ganz auf ähnliche Weise nämlich, wie man an Erzgängen Frictions- oder Spiegel-Flächen findet, sind da, wo beide getrennte Gebirgstheile bei ihrer Verschiebung sich berührt haben, auch fast an allen Trappgängen auf Island dergleichen vorhanden; die Frictionsflächen sind noch weit deutlicher und die eingegrabenen Furchen viel tiefer und weiter. Die Streifung der Frictionsflächen ist aber nicht mit der Falllinie*) des Ganges übereinstimmend; sie läuft stets ganz horizontal mit der Streichungslinie**) parallel. So sieht man unzählig oft längs des Ausgehenden der Trappgänge lange tiefe Furchen, die nur allein durch Reibung hervorgebracht sein können, sich erstrecken. Anfänglich fiel ich auf die Vermuthung, daß vielleicht Wasserfluthen mit großen Felsblöcken sich über die Oberfläche des Gebirges gewälzt und diese Furchen ausgegraben hätten; aber bald bemerkte ich, daß diese Erscheinungen nur auf die Ausfüllungen der Gänge beschränkt und durchaus nicht auf der Oberfläche der Trappschichten zu finden seien; ja ich sah sie häufig an den Seitenwänden von Spaltenräumen, deren Ausfüllung durch spätere Zerstörungen fortgeschafft war. Hätte ich diese horizontalen Frictionsfurchen nur an einem einzigen Punkte, an einem einzelnen Gange beobachtet, so würde ich sie trotz ihrer auffallenden Sonderbarkeit nicht weiter erwähnt haben; so aber kann diese merkwürdige Erscheinung, da sie an unzähligen Gängen des Trapps schön und deutlich zu beobachten ist, nicht stark genug hervorgehoben werden. Mag die Vorstellung, daß beide durch eine Spalte getrennten Gebirgstheile sich in horizontaler Richtung an einander verschoben hätten, manches Schwierige haben, so kann ich doch keine andere Erklärung für die

---

*) Die Richtung, in welcher ein Gang oder Lager sich neigt.

**) Die Richtung, in welcher ein geneigter Gang oder Lager sich horizontal fortsetzt.

Entstehung der gewaltigen horizontalen Frictionsfurchen auffinden."

Wenn demnach die basaltischen Gänge in den Schichten basaltischer Gesteine auf Island von keiner Störung der horizontalen Lage, sondern nur von seitlicher Verschiebung begleitet sind, weshalb müssen dann Gänge derselben Art, auf Palma, am Vesuv und Aetna hebend gewirkt haben? — Was endlich das Einstürzen so großer Massen, wie doch die Caldera von Palma erfüllt haben müßten, anbetrifft, so kann dafür, so viel ich weiß, bis jetzt kein Beispiel, welches wirklich beobachtet wäre, angeführt werden.

Ich habe Ihnen hier noch nicht alle Argumente für und wider beide Ansichten angeführt, aber ich habe das Wichtigste berührt, und so mögen Sie aus diesem Beispiel wissenschaftlicher Streitigkeit ersehen, in welcher Art dergleichen Fragen auftauchen, sich fortentwickeln und behandelt werden. Zum unbestreitbaren Abschluß ist auch diese noch nicht gelangt. Indessen wird dem unbefangenen Auge eines Laien es doch wohl wahrscheinlich erscheinen, daß auf der kleinen Abbildung, welche den Schluß dieses langen Briefes ausmachen soll, der kleine Feuerberg, der hier in der Mitte von der Barren-Insel, aus dem nicht sichtbaren Meere auftaucht, sich durch den Kreis der Felsen, die ihn rings umgeben, Bahn gebrochen und sie vom Grund des Meeres mit emporgehoben habe.


Fig. 27.



Vierundzwanzigster Brief.

Gestalt und Größe der Vulkane.

„Ein eigentlicher Vulkan entsteht nur da, wo eine bleibende Verbindung des innern Erdkörpers mit dem Luftkreise errungen ist." Diese nähere Bestimmung eines sogenannten feuerspeienden Berges giebt uns Humboldt im ersten Bande des Kosmos. Demnach ist also weder die Insel im Busen von Santorin, noch der Monte Nuovo ein Vulkan, beides sind nur, daß ich so sage, Versuche zur Bildung eines solchen. Ein Vulkan bietet uns daher ein weiter entwickeltes Gerüst vulkanischer Thätigkeit, als diese beiden bergartigen Erhebungen.

Nach einer solchen Definition ist der Hauptteil des Vulkanes also der Schlott oder der Kanal, welcher aus der Tiefe an die Oberfläche dringt, und die erste Frage, welche wir zu untersuchen haben, wird daher die sein, ob ein solcher Kanal an gewissen, näher zu bestimmenden Stellen, ausschließlich vorkommt, oder ob wir solche Ausbruchs-Oeffnungen unter den verschiedensten Verhältnissen vorfinden. Zunächst können wir darauf antworten, daß die Vulkane nicht allgemein über die Erde verbreitet sind. Nur an einzelnen, und nicht gleichmäßig vertheilten Stellen kommen sie vor; weite Strecken bleiben ganz von ihnen frei. Was dagegen die Beschaffenheit ihrer nächsten Umgebung anbetrifft, so findet darin die größte Mannigfaltigkeit statt. Wir sehen sie in Ebenen sich öffnen, welche das niedrigste Niveau einnehmen, wir finden sie auf mittleren Hochflächen unserer Gebirge, sie kommen in einzelnen Kegelbergen und endlich auch in hohen und mächtigen Gebirgszügen vor.

Niemals finden wir sie aber nur als Löcher oder Spalten entwickelt. Da es nicht bloß Kanäle sind, aus denen Gase und Dämpfe hervordringen, sondern Oeffnungen, aus denen auch feuerflüssige, in der Temperatur der Atmosphäre bald erhärtende Massen und feste Gesteinsbrocken ausgestoßen werden, so häufen sie jederzeit um ihre Mündung einen mehr oder weniger bedeutenden kegelförmigen Berg an, welcher in seiner Mitte oder an einer Seite eine Vertiefung, von meist rundem

Umfang, den Krater hat, in welchem die eigentliche Oeffnung liegt. Der Berg ist dabei ebensowenig die Hauptsache, als es die Schutthalde an der Mündung eines Schachtes ist; er ist nur der aufgeworfene Rand am Ende des aus großer Tiefe aufsteigenden Kanals, durch den, vermittelst Dampfeskraft, die Massen emporgehoben worden sind, welche sich am Mündungsrande aufgestapelt finden. Es ist ein Bergwerk, das die Natur allein hergerichtet hat. Nur bringt es keine Erze herauf, sondern höchstens Pflastersteine. Seine Kraft hat seit dem ersten Erhärten des Erdkörpers daran gearbeitet, in ausgefüllten Kanälen die festen Pfeiler für den Bau der Erdrinde zu liefern und hört nicht auf dafür thätig zu sein. Immer noch steigen diese Zeichen innerer Thätigkeit empor, und geben uns Beweis, daß die Entwickelung auch auf diesem Felde noch nicht ganz abgeschlossen ist.

Die Gestalt dieser Umgebungen der Ausbruchs-Oeffnungen, die man auch Ausbruchs- und Aufschüttungs-Kegel genannt hat, ist mehr oder weniger vollkommen kegelförmig. Die Kegelform ist dabei entweder vollständig, oder entbehrt der Spitze und zeigt sich abgestumpft; das letztere wohl in den meisten Fällen. Die Seitenflächen sind gewöhnlich steil, und wechseln in der Neigung zwischen 18° und 37°, gewöhnlich sich bis gegen 30° erhebend. Es ist das eine außerordentliche Steilheit, denn die meisten Berge, welche dem Auge zwar stets steiler erscheinen, als sie sind, ergeben doch bei sorgfältiger Messung eine wesentlich geringere Neigung in ihren Seitenwänden. In der Spitze solcher Kegel liegt in der Regel die Oeffnung, welche wir, nach der vom Alterthum überkommenen Bezeichnungsweise, Krater*) nennen. Ist der Krater verhältnißmäßig klein gegen den Berg, so scheint der Berg in eine Spitze auszulaufen, ist er dagegen groß, so erscheint dieser abgestumpft.

Gewöhnlich stehen größere vulkanische Kegel wieder auf einer kegelförmigen Unterlage von schwächerem Abfall, so daß die beiden geradlinigen Kegelseiten in einem stumpfen, einspringenden Winkel an einander stoßen, während die Böschung des

*) Die Alten nannten Krater das Gefäß, worin der Wein mit Wasser gemischt wurde, und aus dem man erst in Gläser oder Becher schöpfte.

unteren Kegels allmälig in die weitere Umgebung des Berges sich verflacht. Mit einem Worte: auf einen flachen Kegel ist ein steiler aufgesetzt. Die Entstehung dieser tieferen Gehänge ist ohne Zweifel der theilweisen Zerstörung des oberen Kegels durch das Abrutschen der lockeren Massen, der Anhäufung der größeren Auswürflinge und Schlackentrümmer, die auf den steileren oberen Abhängen sich nicht zu halten vermögen, der Ablagerung von Schlacken, Sand- und Aschen-Massen, die durch stärkere Regen herabgeschlemmt sind, und vorzüglich den hier erst erstarrenden oder in größerer Zahl hervorbrechenden Lavenströmen zuzuschreiben.

Die, durch ausgeworfene Substanzen gebildete, Masse der Kegel wird noch durch Lavengänge vermehrt, welche die lockeren Gesteine durchsetzen, und lange mauerähnliche Ausfüllungen darin bilden, die, als festeres Gestein, oft an den Kraterwänden weit hervorstehen. Auch lassen kleinere Lavenströme, welche vom Gipfel des Berges herabkommen, zahlreiche Schlackenrinden auf ihm zurück, und durch all dieses Material vergrößert sich der Berg. Squier erzählt in seinem Werke über Nicaragua von dem Isaleo, einem Vulkan, der erst am 23. Februar 1770 entstanden ist, daß er zwar seit vielen Jahren keine Lavenströme mehr ausgestoßen habe, aber doch in einem Zustande beständiger Eruption verblieben sei, und dadurch seine Masse vermehre. Seine Explosionen erfolgen alle Viertelstunden, mit einem Getöse, das dem Abfeuern eines Artillerieparks gleicht, und in Begleitung von dichtem Rauch und einer Wolke von Asche und Steinen, die nach allen Seiten herabfallen und die Höhe des Kegels vermehren. Er ist jetzt gegen 2000 Fuß hoch, aber ein kenntnißreicher Mann, welcher den Berg seit 25 Jahren kennt, versichert, daß er in dieser Zeit um ein Drittheil an Höhe zugenommen habe.

Wo eine solche Entstehung in Folge fortgesetzter Ausbrüche von Anfang an beobachtet worden ist, da darf sicherlich kein Zweifel dagegen erhoben werden, daß der Berg nur durch Aufschüttung entstanden sei, wo dieses aber nicht der Fall ist, da bleibt es immer zweifelhaft, ob der Berg sich durch Erhebung oder durch Aufschüttung gebildet habe. Die Größe, welche ein Vulkan besitzt, giebt gar keinen Anhalt für seine Entstehung;

verhältnißmäßig große Berge, wie der Isalco, können durch Aufschüttung, und verhältnißmäßig kleine, wie der Monte Nuovo, durch Erhebung gebildet werden. Der Monte Nuovo ist zwar kein thätiger Vulkan, aber er hätte doch einer werden können, da er einmal angefangen hatte auszuwerfen.

Ich füge ein noch auffallenderes Beispiel für Erhebung im Kleinen von der Insel Volcano, unter den Liparen, hier an. Der nördliche Abhang des Vulkans dieser Insel zeigt in einer Localität, la fossa vecchia (die alte Grube, der alte Graben) genannt, einen kleinen secundären Krater, an dem man einen sehr regelmäßigen Wechsel rother, grauer und schwarzer Tuff- und Sand-Schichten wahrnimmt, die oft kaum einen Zoll dick, vollkommen parallel, unter einem Winkel von 45° nach außen fallen. Auf diesen steilen Schichtflächen haben die später ausgeworfenen Sandmassen sich nicht halten können und man findet sie daher horizontal angelagert. Auch am oberen Rande und am Fuße des steil abfallenden Berges hat sich der neuere Auswurf mit flacher Senkung oder horizontal abgesetzt. Offenbar befinden sich daher die steilen Schichten nicht mehr in der Lage, in der sie gebildet sind, und man ist dadurch unzweifelhaft zur Annahme einer Hebung genöthigt. Hier sieht man also, daß Erhebungs-Kegel in noch viel kleineren Verhältnissen als an dem Monte Nuovo auftreten können, und es bleibt daher bei jedem Feuerberge, dessen Entwickelungsgeschichte wir nicht ganz genau verfolgen können, stets fraglich, ob in seinem scheinbar aufgeschütteten Kegel nicht ein Kern zuerst erhobener Massen stecke.

Solche Ausbruchskegel erreichen an den uns näher bekannten Punkten keine sehr bedeutende Höhe. Am Vesuv und am Aetna machen sie nur einen verhältnißmäßig kleinen Theil von der Höhe des ganzen Berges aus. An dem ersteren erhebt der Kegel sich erst von dem großen Lavenfelde aus, welches le Piane genannt wird, und da beträgt er nur 1400 Fuß ungefähr, und am letzteren steht er sehr scharf gesondert auf der Hochfläche des Piano del Lago, diesen nur um 1300 Fuß überragend. Ob die Vulkane, welche sich aus flachen Ebenen, wie auf Java und in Nicaragua erheben, ob diese, deren einzelne, wie der Momotombo, mehr als 6000 Fuß unmittelbare Höhe haben, nur als

Aufschüttungskegel anzusehen sind, muß wohl für's Erste, und vielleicht für lange, noch dahin gestellt bleiben.

Wir können die Vulkane, in Bezug auf ihre Lage, in vier verschiedene Abtheilungen bringen. Sie treten entweder aus einer niedrigen Ebene hervor, wie viele Vulkane von Central-Amerika und von den Sunda-Inseln; oder sie erheben sich von einer Hochfläche aus, wie die Feuerberge eines großen Theils der Anden, wie die mexikanischen Vulkane und auch wohl die von Island; oder sie finden sich auf isolirten Bergen, wie der Aetna, der Jorullo u. a.; oder endlich sie liegen in dem vollen oder zerstörten Kreise eines Circus, wie Barren-Island, Volcano, der Vesuv, der Pic von Teneriffa und viele mehr. Freilich ist die Mannigfaltigkeit, in welcher diese Typen sich entwickeln, wiederum sehr groß und es wird in manchen Fällen gar nicht leicht, auch wohl unmöglich sein, sich klar zu werden, zu welcher Abtheilung man einen Berg zu rechnen habe, allein es läßt sich auf solche Weise am leichtesten erkennen, daß alle diese Berge dennoch einer Gattung sind: der furchtbar mächtige Kegel des Cotopaai und die kleine Warze von Volcano, der langgestreckte Rücken des Pichincha und der doppeltgipfelige Vesuv, die ungeheuer hohe, steile Masse des Schiwelutsch und das sanft ansteigende Gewölbe des Aetna.

Keine Betrachtungsweise ist mehr geeignet unsere Vorstellungen über die Vulkane zu verwirren, als die Betrachtung ihrer absoluten Höhen. Die furchtbarsten Vulkane, die wir kennen, d. h. diejenigen, welche ganz unstreitig die größten Massen von Gestein emporgetrieben und ausgestoßen haben, sind die isländischen Vulkane, und wer hätte nicht, geblendet durch die Angaben gewaltiger Höhen, dem Aconcagua oder Chimborazo, oder dem Popocatepetl viel größere Bedeutung zugeschrieben? Jederzeit ist die Höhe der Umgebung bei der Schätzung der Größe der Vulkane in Betracht zu ziehen, und wenn wir diese von der absoluten Höhe abrechnen, so werden wohl die Vulkane von Kamtschatka, welche sich von einer wenig erhöhten Landfläche bis zu fast 15000 Fuß erheben, vor Allen den Preis davon tragen. Indessen bleibt es doch immer unwahrscheinlich, daß diese großartigen Kegel, von denen ich einen der kleinsten, den Wiljutschewsker Berg bei Petropawlowsk, in

Abbildung hier folgen lasse, gänzlich Aufschüttungs-Kegel seien.

Fig. 28.

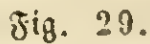


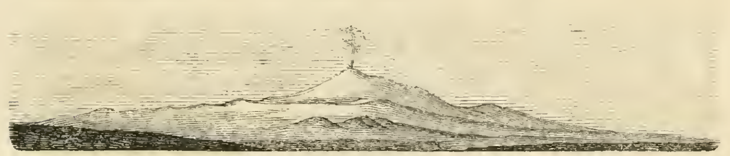
Nicht i mmer ist die Kegelform so regelmäßig als sie bei einigen der Berge allerdings sich zeigt, oder nach Abbildungen zu sein scheint. Denn bei Abbildungen von Bergen, wie von Menschen, sucht jeder Zeichner seinen Gegenstand so vortheilhaft als möglich darzustellen, und wenn daher ein Berg von der einen Seite kegelförmig, von der andern aber langgestreckt erscheint, so wählt ein Zeichner sicherlich die erste Seite, wenn er irgend eine Ansicht von dem Berge in sein Skizzenbuch eintragen will. Daher sind einseitige Zeichnungen sehr wenig brauchbar zur Beurtheilung von Berggestalten, ganz abgesehen von der Ungenauigkeit, mit der Landschaftszeichner die Berg-Conturen zu behandeln pflegen. Gute Karten geben immer das beste schärfste Bild von der Gestalt eines Berges, aber von wie wenig Gegenden der Erde besitzen wir bis jetzt genaue Karten. So sind wir denn vorwaltend auf Beschreibungen verwiesen, allein wie wenige leisten auch hier das, was man wünschen müßte.

Die Gestalt der Oeffnung, aus welcher die Ausbrüche vor sich gehen, hat jederzeit einen wesentlichen Einfluß auf die Form des Berges. Hat der Kanal die Gestalt einer längeren Spalte, so wird auch der Kegel nicht rund, sondern elliptisch im Durch-

schnitt sein; oder erfolgt der Ausbruch auf mehreren Punkten der Spalte neben einander, so werden, wenn sie sich nahe gelegen sind, die einzelnen Kegel sich unter einander verbinden. Oft treibt der Wind die ausgeworfenen Schlacken und Aschen vorwaltend auf die eine Seite des Berges, dann erhebt sich der eine Rand des Kraters wesentlich höher als der andere. So soll z. B. in tropischen Zonen, in Folge des herrschenden Ostpassates, der Westrand der Vulkane in der Regel höher sein als ihr Ostrand.

Nicht selten findet man in der Umgebung größerer Vulkane kleine Kegel, aus denen einmal eine Eruption hervorgebrochen ist, doch niemals wieder, und diese sind an Umfang und an Höhe oft gar nicht unbedeutend. Der Aetna trägt auf seinem flacheren Gehänge mindestens 700 solcher Nebenkegel, von denen Beaumont die bedeutendsten, doch mehr, als 60, auf seiner Karte vom Aetna aufgetragen hat. Sie sehen deren einige auf der nachfolgenden kleinen Ansicht angedeutet, welche Ihnen den Berg aus ansehnlicher Ferne von Süden her, von Lentini aus zeigt.


Fig. 29.



Die Nebenkegel erheben sich mitunter zu 800 Fuß selbstständiger Höhe, können aber darum doch nicht auf den Namen selbstständiger Vulkane Anspruch machen. Auch am Vesuv kommen dergleichen vor. Der kleine Kegel von Camaldoli della Torre, der westlich von Torre del Greco liegt, ist solch ein Rest von einem Eruptions-Kegel, der einem Ausbruche aus unbekannter Zeit seinen Ursprung verdankt. Noch weiter westlich finden sich, ein wenig weiter an dem Berge hinauf, sechs Mündungen, aus denen 1760 ein Lavenstrom gegen Torre del Annunziata hinabging. Sie haben sich so wohl erhalten, daß sie beim Volke einen eigenen Namen führen, und Boccole genannt werden.

Die Außenfläche der Vulkane findet sich in der Regel von geradlinigen, scharf eingeschnittenen Thälern tief durchfurcht.

Alle Ausbruchskegel, welche nicht stetig in Bewegung sind, die kleinen wie die großen, zeigen diese Erscheinung unverkennbar. Je sanfter und gleichförmiger der Abhang eines solchen Berges ist, um desto regelmäßiger treten sie hervor. Die kleinen erloschenen Vulkane, welche im südlichen Frankreich, erst nach der Bildung tiefer Thäler, im dortigen granitischen Gebirge aufgebrochen sind, zeigen die Bildung solcher Thäler eben so deutlich, wie die große glockenförmige Gestalt des Chimborazo. An dem äußeren Abfall der Erhebungskrater sieht man sie oftmals äußerst deutlich sich entwickeln. Palma und Teneriffa, die Somma und die Rocca monfina lassen sie deutlich genug hervortreten. Die große Regelmäßigkeit, welche sie manchmal besitzen, verleitete zuerst sie für Spaltenbildungen in Folge der Erhebung anzusehen. Allein der Augenschein bei allen Kegel- oder Glockenbergen, welche aus leicht zerstörbarem Gestein gebildet sind, lehrt bald, daß man es hier nur mit tief eingeschnittenen Thälern oder Thälchen zu thun hat, welche nur durch den schnellen Abfluß des als Regen oder Schnee gefallenen Wassers, nicht durch Zerspaltung des Gesteins, gebildet worden sind.

Auf der Spitze der Ausbruchskegel liegt gewöhnlich der Krater, mitunter aber auch am Abhange des Berges. Indessen kommt der letztere Fall doch nur bei größeren Vulkanen vor. Manchmal finden sich auch mehrere Oeffnungen mit vollständigen gesonderten Ausbruchskegeln neben einander, wie der Pico de Teyde und der Chahorra auf Teneriffa. In anderen Fällen greifen zwei Kratere in einander, oder sind nur durch einen schmalen Kamm getrennt; mitunter zeigen sich selbst an demselben Berge zu verschiedenen Zeiten andere Oeffnungen, sowohl in Zahl als Stellung. Immer bleiben jedoch diese Mündungen auf den obersten Theil des Berges beschränkt, und niemals hat man sie in der Mitte oder am Fuße eines Vulkans aufbrechen sehen. Auf dem Grunde des Kraters, dem Kraterboden, der in der Regel eben ist, liegen die Oeffnungen, welche die stetige Verbindung nach innen unterhalten, die Kraterschlünde. Bald zeigt sich deren einer, bald sind es mehrere, die in der Regel kleinere Ausbruchskegel wieder um sich aufhäufen.

Tiefe und Durchmesser der Kratere sind sehr verschieden.

Nicht immer giebt die Höhe und der Umfang eines Berges den Maaßstab für die Größe seines Kraters. So haben die verhältnißmäßig nicht sehr hohen Vulkane Java's besonders große Ausbruchs-Oeffnungen, deren Durchmesser 10000 Fuß mitunter überschreiten soll, während der Pic von Teneriffa (600 Fuß) und der Aetna (1500 Fuß) Kratere haben, deren Durchmesser viel kleiner ist, als der der Krater auf den kleinen Inseln Stromboli und Volcano. Die Tiefe der Krater ist mitunter sehr bedeutend, wie z. B. Humboldt am Pichincha einen Krater von 5000 Fuß im Durchmesser und 1500 Fuß Tiefe angiebt. Bei Vulkanen, welche öftere Ausbrüche haben, wechselt die Tiefe des Kraters sehr, so daß am Vesuv der Krater mitunter 800 Fuß Tiefe hat, während sein Boden zu anderer Zeit fast im Niveau des Randes liegt. Der Umfang des Kraters bildet in der Regel einen ziemlich regelmäßigen Kreis, mitunter ist er auch elliptisch, selten auffallend in die Länge gezogen. Die Wände pflegen steil zu sein, oft in so hohem Grade, daß es unmöglich wird an ihnen hinab zu gelangen. Die nachfolgende Schilderung, welche Buch uns von dem Krater des Vesuvs im Jahre 1799 hinterlassen hat, wird Ihnen hoffentlich ein anschauliches Bild von der ganzen Eigenthümlichkeit eines solchen Schlundes geben.

„Der Berg, sagt er in seinen fast verschollenen Beobachtungen auf Reisen durch Deutschland, Frankreich und Italien, rauchte, als ich ihn bestieg, nach dem Regen der vorletzten Tage mehr als gewöhnlich. Die aus dem Innern wirbelnd sich hebenden und schnell wieder versinkenden Wolken hielten meine ganze Aufmerksamkeit auf seine Spitze gefesselt. — Ich hielt mich deswegen bei den Lavenströmen nicht auf, deren öde Verwüstung schrecklich contrastirt mit der Fülle umher, — nicht bei der erhebenden Aussicht vom Eremitenhause über Neapel, die Inseln und das Meer, — nicht in der fürchterlichen Wildniß zwischen der Somma und dem Vesuv, die alle Schrecken des Vulkans in sich zu vereinigen scheint; — ich eilte den steilen Abhang des hohen Kegels zu ersteigen, dessen Gipfel um so mehr sich zu entfernen scheint, je angestrengter man ihn zu erreichen sucht. Denn der Fuß, den man mit Vorsicht setzt, um sich höher an der jäh aufsteigenden Fläche zu heben, weicht

schnell in der lockern Masse der zermalmten Lave zurück, und jeder Schritt weiter hinauf erfordert eine erneuerte Kraft.

Ist es aber möglich einen ähnlichen, einen erhabeneren Standpunkt zu finden, als den, wenn Sie den scharfen kaum fußbreiten Rand nun wirklich betreten? Ueber die Berge, über Neapel, über die hinter einander hervorsteigenden Inseln schwebt der Blick weit in das Gewässer hinein, und verliert sich in des Meeres Unendlichkeit. — Der lebhafte Golf von Neapel liegt ausgebreitet zu den Füßen, und tief am Horizont rundet sich schön der Busen von Gaeta. — Berg auf Berg thürmt sich der Apennin am Ende der reichen, herrlichen Fläche, in der Aversa, Capua, Caserta glänzend sich heben aus der unzählbaren Menge umherliegender Orte. — Ein Blick umfaßt die schönste Gegend Italiens. —

Sie wenden sich um — — und Sie sehen nichts mehr, als unter sich den bodenlosen Abgrund des schrecklichen Kraters. Von allen Seiten dampfen die Fumarolen aus den traurigen, öden Wänden hervor, und steigen über den Rand als gewaltige, sich schnell folgende Wolken, mit denen Sonne und Wind mannigfaltig ihr Spiel treiben. Sie sehen, wie von den steilen Abhängen ungeheure Massen in die Tiefe gestürzt sind, — wie andere ihnen sogleich scheinen nachstürzen zu wollen. — Wir stiegen an der innern Wand in den lockern Trümmern herab, und erreichten bald einige Fumarolen, die sich mit Gewalt aus dem Staube hervordrängten. Ihr Dampf war weiß und hatte einen leichten Geruch von Salzsäure, wie es mir schien, aber gar nicht von Schwefel. Ich konnte ihn leicht athmen, ohne Gefühl von Erstickung, ja sogar noch, als ich mich hinab gegen die kleine Höhle neigte, welche die Gewalt des Dampfes in der lockern Masse sich ausgeworfen hatte. Er kam vom Rande, seitwärts, nicht von unten, und ohne besonderen Kanal, allenthalben zwischen den kleinen Trümmern von Schlacken und Laven hervor. Ich hielt ihn für Wasserdampf. — Ein senkrechter Absturz, vielleicht mehr als 100 Fuß hoch, hinderte uns endlich tiefer hinab gegen den Boden zu steigen. Eine wüthende Fumarole, die größte des Kraters, aus dem Abgrunde unter unsern Füßen herauf, umgab uns für Viertelstundendauer mit dicker Finsterniß, und nur wenige Minuten lang

hatten wir frei, die Schrecken um uns her zu betrachten, wenn sich der Dampf durch Wind und die Wärme der hochstehenden Sonne zerstreute. — Dann sahen wir den Boden. — Er schien ganz eben zu sein und war durchaus mit Schwefel, wie mit grünem Moose bedeckt. Kleine Fumarolen stiegen mit Gewalt überall hervor, und bildeten dicke gelbe Streifen am Boden. In der Mitte sahen wir eine gewaltige runde Oeffnung; mehr gegen Norden zwei längliche, mit einander verbundene. Sie rauchten und dampften gar nicht. Nahe der Wand gegen die Meerseite drängte sich eine andere große Fumarole hervor; eine fast unzählbare Menge kleinere an den gegenseitigen Wänden bis oben hinauf; und in den tiefen Schlünden an der Nordseite ließen uns die dick aufsteigenden Wolken noch andere vermuthen. Einige schienen auch nur Wasserdämpfe zu sein. Andere streiften am Boden des Abhanges hin und bezeichneten ihn mit einem schönen, brennend oraniengelben Streif. — — Unaufhörlich rollten von der hohen Nordseite kleine Steinchen in die Tiefe hinab. Dies geheimnißvolle Rauschen und das Zischen der Fumarolen ist das einzige Geräusch dieses von allem Lebendigen geflohenen Ortes. — Ein fünffach wiederholendes Echo scheint eine gleiche Anzahl Dämonenstimmen zu sein. — — Schaudernd und schweigend stiegen wir zum Rande des Kraters wieder hinauf und senkten uns schnell den Abhang des Kegels in der rollenden Asche hinab. — Bis tief am Kegel herab schallte noch dumpf jeder Hammerschlag auf den herausgeworfenen großen Lavablöcken vom Boden zurück."

Fünfundzwanzigster Brief.

Zeichen der Thätigkeit der Vulkane.

Man hört nicht selten, daß die Reisenden, welche die Gefilde Italiens durchstreifen, unter ihre lebhaftesten Wünsche auch den zählen, daß es ihnen vergönnt sein möge einen Ausbruch

des Vesuvs mit zu erleben. Es bedarf jetzt wohl keiner Erläuterung mehr, daß darunter nicht die Erscheinungen verstanden werden, welche der Berg in dem so eben geschilderten Zustande aufweist, sondern daß damit eine jener größeren Katastrophen gemeint ist, welche in Erscheinungen auftritt, denen sehr ähnlich, welche wir bei der Erhebung neuer Inseln und Berge schon näher erwähnt haben.

Sie sehen daraus, daß wir zwei wesentlich verschiedene Zustände im Leben der Vulkane zu unterscheiden haben, den Zustand der Ruhe nämlich und den der Ausbrüche. Freilich können wir gar nicht verkennen, daß von der unbedeutendsten Gas- und Dampf-Entwickelung bis zum Hervorbrechen mächtiger Lavenmassen, unter Begleitung schauervoller Explosionen, nur eine ununterbrochene Reihe von Uebergängen stattfindet, da aber ein Vulkan in seiner ganzen äußeren Erscheinung ein unendlich verschiedenes Bild darbietet, je nachdem wir ihn im Zustand bedeutender, oder nur unterdrückter Thätigkeit erblicken, so ist es sicherlich für unsern Zweck geeignet, beide Zustände und die bei ihnen hervortretenden Erscheinungen, jede für sich genauer zu betrachten.

Denjenigen Berg, an welchem wir einen Krater wahrnehmen, aus dem sich fortdauernd Dämpfe entwickeln, den nennen wir einen thätigen Vulkan, einen feuerspeienden Berg. Der Krater allein giebt ihm diesen Charakter nicht. Nea Kaimeni und Monte Nuovo haben zwar beide Kratere, doch fehlen ihnen die Dämpfe. Sie haben dergleichen zwar einstmals entwickelt, aber die Entwickelung hat wieder aufgehört. Zwar kommt es mitunter auch bei thätigen Vulkanen vor, daß sie in langer Zeit fast gar kein Lebenszeichen von sich geben, doch pflegt die Dampf-Entwickelung nicht gänzlich zu verschwinden. Wir haben z. B. beim Vesuv vom Jahre 1133 bis zum Jahre 1631, also in fünf Jahrhunderten gar keine zuverlässige Nachricht von irgend einem Ausbruch. Der Krater bildete im Jahre 1619 eine 5000 Fuß im Umfang haltende, steile Vertiefung, die mit mehr als 100jährigen Eichen, Steineichen, Eschen und anderen Waldbäumen bedeckt war, zwischen denen Wildschweine ungestört ihr Wesen trieben. Der Boden der Vertiefung lag so tief und war so eng, daß nur an wenig Tagen des Jahres die Sonne bis zu

ihm gelangte, und von aller vulkanischen Thätigkeit sah man nur am Nordrande eine Spur, wo einige kleine Fumarolen zum Vorschein kamen, die jedoch so schwach waren, daß niemals Dampf über dem Berge stand.

Der Dampf, welcher sonst gewöhnlich jedem Vulkane entsteigt, und dessen hochstehende Wolke, wie man schön gesagt hat, den Berg selbst mit dem Himmel zu verbinden scheint, ist das von fern her sichtbare Zeichen der im Innern fortdauernden Thätigkeit des vulkanischen Processes. Die Dampfstrahlen (Fumarolen) verschiedener Oeffnungen vereinigen sich zu einer Rauchsäule, welche dem Krater entsteigt. Je heftiger die Entwickelung, desto höher erhebt sich der Schaft dieser Säule, die dann in wechselnder Höhe vom Strome des Windes zur Seite gedrückt und allmälig verweht wird. Die folgende Abbildung zeigt Ihnen das Bild des Vesuvs in diesem Zustande der Ruhe.

Fig. 30.



Es ist nun wohl von ganz besonderem Interesse, die Stoffe näher kennen zu lernen, welche bei diesem Entwickelungs-Processe aus dem Innern der Erdrinde, oder mindestens aus den Wurzeln des Berges, hervorgetrieben werden, und wenn gleich auf diesem Gebiete noch Manches zu untersuchen übrig ist, so haben wir doch recht schätzbare Beiträge von zuverlässigen, chemischen Bestimmungen erhalten. Der vorwaltende Bestandtheil aller Dämpfe, welche an den verschiedenen Stellen vulkanischer Erhalationen vorkommen, ist Wasserdampf. Vom Vesuv und Aetna berichten die verschiedensten Beobachter, daß die Dämpfe ihrer Fumarolen leicht athembar gewesen seien, und von vielen

wird sogar gesagt, daß sie weder Geruch noch Geschmack besessen haben.

Nicht selten mischen sich aber diesem Wasserdampf noch andere Gase oder Dämpfe bei, unter denen Salzsäure und Schwefelwasserstoff die am meisten verbreiteten zu sein scheinen. Als ich zum ersten Male den Vesuv bestieg, war in den zugänglichen Fumarolen der Gehalt an Salzsäure sehr deutlich wahrzunehmen, und als das Wetter stürmisch wurde, und ich auf dem Kraterrande durch die Dampfmassen der Haupt-Ausströmung hindurch mußte, waren Gesicht, Hände und Kleider so ganz mit saurem Wasser bedeckt, daß ich lebhaftes Brennen auf der Haut und in den Augen fühlte, und den scharfsauren Geschmack der abgesetzten Flüssigkeit überall wahrnehmen konnte. Die Farbe meiner Kleidungsstücke wurde zum Theil verändert, so daß ich zum Erstaunen meiner Freunde anders gefärbt herab kam, als ich hinauf gestiegen war, und der Stahl der Brille fing an zu rosten. Auch am Aetna ist ein starker Salzsäuregehalt der Dämpfe nachgewiesen worden, dagegen soll er nach Boussingault in den Dämpfen der Vulkane der Hochfläche von Quito gänzlich fehlen.

Nächstdem ist Schwefelwasserstoff wohl eine der verbreitetsten Gasarten in den Dämpfen der Vulkane, wenn er, der Menge nach, auch wohl weit hinter dem Gehalt an Salzsäure zurückbleibt. Nur aus wenigen Vulkanen tritt er unzersetzt hervor, so daß er den Geruch nach faulen Eiern verbreitet, der ihn schon in ganz ungemein kleinen Mengen kenntlich macht. Meist ist er schon zerlegt, so daß man ihn entweder an dem stechenden Geruch verbrannten Schwefels (Schwefliger Säure), oder an dem Absatz von Schwefel selbst erkennt. Mitunter kommt der Schwefel in großen Mengen auf den Spalten vor, aus denen Fumarolen strömen, wie in den Kratern einiger Vulkane auf Java, so daß er gesammelt und in den Handel gebracht wird; doch mag man sich hüten alle Angaben über das Vorkommen von Schwefel in Kratern als zuverlässig anzunehmen. Laien, und zuweilen auch Leute der Wissenschaft, pflegen nämlich Alles, was hell- oder röthlich-gelb gefärbt sich in Kratern findet, ungeprüft als Schwefel anzusehen; das sind aber zum größten Theil nur durch salzsaure Dämpfe gebleichte

Schlacken, die durch eine kleine Menge von salzsaurem Eisen-oxyd eine gelbe Färbung angenommen haben. Ebenso ist den Angaben, daß man einen Geruch von Schwefel wahrgenommen habe, sehr zu mißtrauen, da im gemeinen Leben darunter der Geruch verstanden wird, welchen brennender Schwefel verbreitet, und leicht mag eine nicht wissenschaftlich gebildete Nase den Geruch der Salzsäure mit dem der Schwefligen Säure im verdünnten Zustande verwechseln.

Von andern Gasen sind wohl nur Kohlensäure und Stickstoff der Erwähnung werth, und von sonstigen Stoffen verdienen besonders die Dämpfe von Salzsaurem Eisenoxyd, Kochsalz, Naphtha und Borsäure genannt zu werden. Die ersteren geben oft zum Absatz von Eisenoxyd (Eisenglanz) Veranlassung, der sich in großen glänzenden Krystallen auf den Schlacken niederschlägt. Wasserstoff, Arsen, Selen und metallische Substanzen kommen zwar vor, jedoch nur selten. Die letzteren sublimiren sich zumeist auf kleinen Spalten in dem Krater und in Lavenströmen.

Das Ausströmen dieser gasförmigen Stoffe kommt aber nicht bloß in der friedlichen Form der Fumarolen vor, sondern es pflegt auch durch die großen Oeffnungen im Krater mit größerer Gewalt und unter höherer Temperatur vor sich zu gehen. Der letztere Umstand macht es nur unter ganz besonders günstigen Verhältnissen möglich den Vorgang dabei näher zu beobachten. Man muß einen Standpunkt haben, höher als der kleine Kegel, der sich um die Mündung zu bilden pflegt; man darf nicht im Bereich der Explosionen sein, welche aus ihm hervorkommen; man muß auch von den heißen Dämpfen nicht behelligt werden, welche ihm entströmen; und man muß doch nahe genug sein, um Alles deutlich wahrnehmen zu können.

Fr. Hoffmann giebt eine anschauliche Schilderung von den Vorgängen in dem Krater des immer thätigen, kleinen Vulkans der Insel Stromboli, dessen Rand, nur auf der einen Seite wohl erhalten, hart unter seiner steilen Wand die Ausbruchs-Oeffnungen deutlich überblicken läßt. Als Hoffmann zu Ende des Jahres 1831 den Vulkan besuchte, waren drei thätige Oeffnungen auf dem Boden des Kraters vorhanden.

Die mittlere oder Haupt-Mündung hätte reichlich 200 Fuß im Durchmesser, und zeigte weiter nichts Merkwürdiges, sie dampfte stets nur sanft und sehr gleichförmig und zahlreiche hochgelbe Schwefelkrusten bekleideten die Wände ihres Schlotes. Ihr zur Seite indeß stand, näher den Wänden, eine andere etwas höher liegende, etwa nur 20 Fuß im Durchmesser haltende Oeffnung, welche eine ununterbrochene, erhöhte Thätigkeit zeigte. In dieser konnte man das Spiel einer auf und nieder wogenden Säule von flüssiger Lava beobachten.

In dem gewöhnlichen Zustande ihrer Bewegung mogte diese glühendflüssige Lavamasse mit ihrer Oberfläche stets wohl 20 bis 30 Fuß tief unter der Mündung zurückbleiben. Sie wurde offenbar in dieser Stellung durch die erhöhte Spannung im Innern eingeschlossener, elastischer Dampfmassen getragen, und sehr deutlich war das nie aufhörende Spiel ihres von oben herabwirkenden Druckes und des hinauftreibenden Gegendruckes zu sehen. Denn im gewöhnlichen Zustande bewegte sich die Oberfläche sehr gleichförmig und fast taktmäßig in secundenlangen Abständen um eine nicht bedeutende Höhe auf und nieder. Man vernahm dabei gleichzeitig ein eigenthümliches Geräusch, welches dem Puffen an der innern Thür eines Flammofens ähnlich war. Jedem Stoß, welcher die Lavasäule ruckweise emporhob, folgte das deutlich und nett begrenzte Austreten eines lichtweißen Dampfballens aus der Oberfläche und sobald dieser entwischt war, sank die Lavasäule wieder nieder. So oft aber diese Dampfballen austraten, rissen sie regelmäßig einzelne, rothglühende Stücke von der Oberfläche der Lava mit sich herauf, und diese tanzten, wie von unsichtbaren Kräften getrieben, über den Rand der Oeffnung gleichsam taktmäßig heraus. Von Zeit zu Zeit aber, meist alle Viertelstunden, und zuweilen auch mehrmals kurz hinter einander, ward dieser regelmäßig fortsetzende Rhythmus auf eine mehr tumultuarische Weise unterbrochen.

Dann sah man plötzlich, nachdem die Lavamasse einige Augenblicke lang sich stärker erhoben hatte, die darüber befindliche aufwirbelnde Dampfmasse ruckend stehen bleiben, und eine schwach rückgängige Bewegung machen, gleichsam als wolle sie in den Krater zurückschlagen. Gleichzeitig durchzuckte eine mehr oder minder heftige Erzitterung den Boden, wobei die lockeren

Kraterwände, zum nicht geringer Entsetzen der auf ihnen liegenden Beobachter, oft in eine sichtbar schwankende Bewegung kamen. Unmittelbar daran knüpfte sich ein dumpf polterndes Geräusch in der Eruptions-Oeffnung und mit hell tönendem Geprassel stürzte eine große Dampfmasse aus der Mündung hervor. Sie riß gleichzeitig dann mit sich die obere Lavamasse zu Tausenden glühender Stücke zerkleinert aus dem Krater hervor; und ein garbenförmig sich hoch ausdehnender Feuerregen fiel prasselnd auf die Umgebungen nieder. Einige Stücke flogen bis 1200 Fuß hoch und gingen in großem Bogen weit über den Krater hinaus. Unmittelbar darauf schien jedesmal dann die Lavasäule aus dem Schlot verschwunden; sie hatte sich tiefer in das Innere zurückgezogen und es trat augenblickliche Ruhe ein. Doch nicht lange so wurde die Glut wieder in der Oeffnung sichtbar und die Lava stieg langsam wieder bis auf ihr altes Niveau. Es begann nun von Neuem das eben geschilderte taktmäßige Spiel und das dauerte so lange, bis eine neue Explosion wieder den oberen Theil der Lavamasse herauswarf.

Während dieser Vorgänge floß langsam und gleichförmig aus einer dritten Oeffnung, die 100 bis 150 Fuß tiefer gelegen war, ein schmaler Lavastrom an dem Abhange des Berges, welcher ohne Kraterrand war, zum Meere herunter. Die Lage dieser Mündung macht es höchst wahrscheinlich, daß sie nur eine Seitenöffnung desselben Reservoirs ist, aus dem die Lava in den ersten Schlot hinaufsteigt, und daß sie hier unter dem Druck der darüber stehenden Lavasäule gleichmäßiger hervorgedrängt wird.

Aehnliche Vorgänge müssen wir in den meisten Kratern thätiger Vulkane voraussetzen, da in ihnen das Ausstoßen von Dämpfen und das Auswerfen von geschmolzenen Massen in ganz ähnlicher Weise vor sich geht. Oft folgen sich die einzelnen Explosionen so häufig, daß man z. B. am Sangay, dem südlichsten der Vulkane von Quito, 267 Explosionen in einer Stunde gezählt hat, ohne daß dabei der Berg sich im Zustande außergewöhnlicher Thätigkeit oder in einer eigenthümlichen Ausbruchs-Katastrophe befunden hätte. Eine neue Thatsache tritt aus allen diesen übereinstimmenden Beobachtungen unzweifelhaft

entgegen: daß nämlich die Dämpfe, welche auf diese Art hervordringen, eine ungemein hohe Temperatur haben müssen, und daß mit ihnen zugleich flüssige Gesteinsmassen sich im Innern des Berges anhäufen und bewegen. Diese flüssigen Gesteine nennen wir Lava. Das Spiel jener beiden Massen allein, der erhitzten Dämpfe und der geschmolzenen Gesteine, ruft die ganze Mannigfaltigkeit der Erscheinungen hervor, welche die Vulkane vor dem erstaunten Auge des Beobachters entwickeln.

Wenn die Vulkane im Zustande ihrer gemäßigten Thätigkeit, als ruhige Ableiter der unterirdischen, gefährlichen Gewalten erscheinen, als Sicherheits-Ventile des Dampfkessels in der Tiefe, so zeigt sich doch, daß sie für diesen Zweck noch nicht ausreichend sind, und daß sie nicht genug von den gespannten Dämpfen abführen, so daß von Zeit zu Zeit ein außergewöhnlicher Durchbruch stattfinden muß, welcher die gewaltigen Ereignisse hervorbringt, die wir einen vulkanischen Ausbruch, im eigentlichen Sinne, zu nennen pflegen.

Obgleich nun die Vorgänge, welche ein Feuerberg im ruhenden Zustande entwickelt, ohne bestimmte Grenze gegen die Erscheinungen eines Ausbruches dastehen, obgleich die letzteren nur als eine Steigerung der ersteren anzusehen sind, so lassen sich doch alle größeren Eruptionen in eine Reihe von eigenthümlichen Vorgängen zerlegen, welche theils als Vorboten, theils als Entwickelungsstufen des ganzen Processes anzusehen sind.

Zunächst werden vorbereitet und beginnen alle großartigen Ausbrüche mit mehr oder minder heftigen Erdbeben, deren Bewegung meist sehr deutlich von den Vulkanen als Mittelpunkt ausgeht. Oft fangen diese vorbereitenden Erschütterungen schon lange vor dem Ausbruch selbst an. Vor dem weltbekannten ersten Ausbruch des Vesuvs im Jahre 79 begannen schon im Jahre 63 die Erschütterungen mit einem so heftigen Erdbeben, daß die damalige Seestadt Pompeji, die jetzt weitab vom Meere liegt, fast ganz in den Boden versank. Auch Herculaneum, Neapel und Nocera wurden stark beschädigt. Es war gleichsam, als habe die Kraft, welche im Innern des Berges aufwallte, erst eine Schranke durchbrechen müssen, bevor sie zur Erlangung der Freiheit durch die Zersprengung der Massen

kommen konnte, welche den Zuführungskanal zu dem Krater verstopften. Man fürchtete indeß damals den nahen Berg noch nicht, und täuschte sich über die Ursache dieser convulsivischen Erscheinung; denn später waren starke Erdstöße stets nur Vorboten mehr oder minder bedeutender Ausbrüche. Man bauete daher auch Pompeji von Neuem wieder auf, und wir sehen jetzt in der wieder aufgegrabenen Stadt, daß man eben noch mit Wiederaufrichtung und Ausbesserung älterer Bauwerke beschäftigt war, als das Schicksal sie unwiederbringlich ereilte. Auch Herculaneum entstand prächtiger aus den Trümmern wieder. Allein die auf der vulkanischen Werkstätte thätig gewordene Masse verfolgte unaufhörlich drängend, ungeahnet von den arglosen Anwohnern, den einmal im Innern der Erdkruste aufgebrochenen Weg. Wenige Tage vor dem Ausbruche begannen die Schwankungen des Bodens wieder, und noch in der Nacht auf den 24. August, welche dem Ausbruche vorherging, erfolgte ein sehr heftiger Stoß, welcher selbst auf dem Cap von Misene, am Ende des Meerbusens von Bajae, Alles durch einander zu rütteln schien, und den elastischen Mächten den Weg zur Oberfläche bahnte. Ganz ähnlich war der Verlauf der Erscheinungen auch bei allen späteren, einigermaßen bedeutenden Explosionen des Vesuvs.

Nächstdem scheint ein Wechsel in dem Stande des Gewässers nicht selten den Ausbrüchen voranzugehen. Bei vielen großen Eruptionen des Vesuvs sind vorher von den Fischern des Golfs, deren Boote zu jeder Stunde des Tages das Meer beleben, Schwankungen im Wasserstande bemerkt worden. Bei dem Ausbruche vom 12. August 1804 bemerkten die Fischer in der Gegend von Torre del Greco schon am 31. Juli, daß sich das Meer von der Küste zurückzog, und auch von früheren, so wie neueren Ausbrüchen wird dasselbe berichtet. Daß diese Bewegungen im Gewässer nur Folge von Erdbeben am Meeresgrunde seien, ist höchst wahrscheinlich; doch ist auch die Ansicht aufgestellt und vertheidigt worden, daß sie von einem Einsaugen des Wassers durch den Berg herrühren.

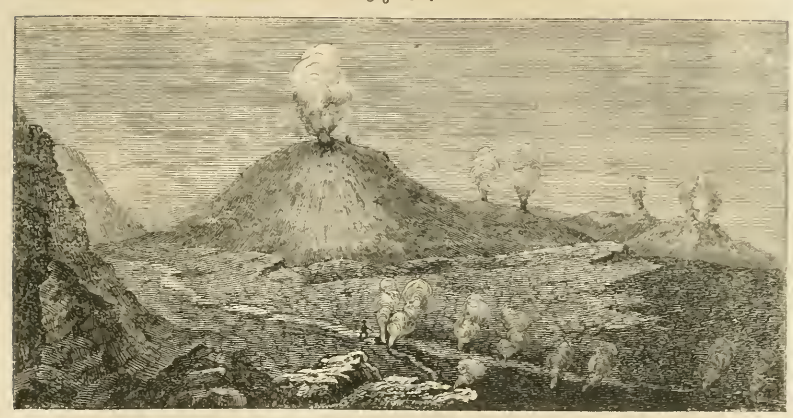
Diese Annahme ist wohl auf die Beobachtung gestützt worden, daß sich vor großen Ausbrüchen oder Erdbeben oftmals ein Sinken, Schwächerwerden oder auch ein gänzliches Versiegen

der Quellen in der Umgebung des Vulkans gezeigt hat; auf welches Anzeichen man am Vesuv, als auf ein ganz besonders sicheres, gar großen Werth legt. Und allerdings hat diese Wahrnehmung nicht bloß am Vesuv, sondern auch an andern Orten sich wohl bewährt, und wir haben zuverlässige Angaben hierüber von Sicilien, von Teneriffa und von Island. Allein mit einiger Sicherheit diese Erscheinung erklären zu wollen, hat große Schwierigkeiten. Auf den ersten Blick scheint es, als könne sie eine Folge der, durch das Rütteln schwacher Erdbeben, in der Umgebung des Berges bewirkten Erweiterung und sonstigen Veränderung in den Verbindungen der Klüfte des Gesteins sein, aus dem die Quellen ihren Ursprung nehmen, indessen ist die große Regelmäßigkeit und lange Dauer, welche die Erscheinung doch gezeigt hat, dieser Erklärungsweise gar nicht günstig. Es ist daher nur die Thatsache als unläugbar anzunehmen, daß bei Annäherung der vulkanischen Thätigkeit zur Oberfläche diese Erscheinung einzutreten pflegt.

Ein anderes Vorzeichen herannahender Eruptionen hat Buch zuerst aufgeführt, indem er sagt: „es werde die Entfernung des Bodens im Krater von seinem Rande das Maaß sein, um die Wahrscheinlichkeit der Nähe einer Eruption zu bestimmen." Dieses Vorzeichen hat jedoch einen mehr negativen als positiven Werth. Man kann mit Bestimmtheit sagen, daß bei leerem Krater ein Vulkan keine Ausbrüche macht, aber man kann nicht behaupten, daß aus einem gefüllten Krater ein großer Ausbruch hervorgehen muß. Wenn eine große Eruption den Krater geleert hat, so beginnt er nach einiger Zeit wieder sich an seinem Boden, durch das Hervortreiben neuer Lavamassen, allmälig auszufüllen. Es bildet sich in der Mitte seines Grundes ein Schlackenkegel, an der Basis desselben tritt wiederholt Lava aus und erhöht auf diese Art den Boden nach und nach. Die Schlacken-Auswürfe häufen sich über der erhärteten Lava, neue Lavenergießungen folgen und auf solche Weise steigt der Boden des Kraters mehr und mehr, bis endlich die ehemalige Höhlung ganz erfüllt ist. Der sich auf dem neuen Lavaboden erhebende Schlackenkegel ragt zuerst über die alten Kraterränder hervor, der neue Lavaboden selbst, wenn er die niedrigsten Stellen dieser Ränder erreicht hat, bildet von ihnen

aus eine gleichförmige Ebene, ja er erhebt sich selbst in Gewölbform.

Fig. 31.

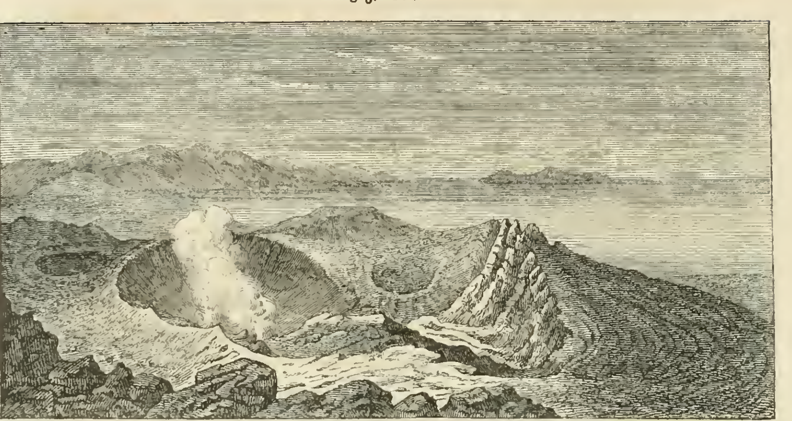


Bei starken Ergießungen von Lava fließt diese über den ehemaligen Kraterrand fort und dann an den äußeren Abhängen des Berges hinab. Diese Vorgänge halten manchmal mit kleinen Abwechselungen Jahr und Tag an, bis endlich eine heftige Explosion allen im Innern befindlichen Widerstand überwindet, die ganze seit Jahren im Krater angehäufte Lavenmasse herauswirft und darauf wiederum die Ausfüllung von Neuem anfängt. Das sind die Vorgänge, in anderer Weise auftretend, die wir bereits von Stromboli geschildert.

Die beigegebenen Abbildungen stellen Ihnen den Auswurfskegel des Vesuvs kurz vor dem Ausbruch des Jahres 1833 und denselben Krater kurz nach dem Ausbruch dar.

Während dieser Vorgänge, die gewissermaßen noch im Innern des Berges vor sich gehen, beweist sich seine gesteigerte Lebendigkeit auch weithin sichtbar. Die Rauchsäule verstärkt sich mehr und mehr und hebt sich höher in die Luft empor. Die hervorbrechenden Dampfwolken reißen feste Massen mit sich in die Höhe, und ihr Austritt geht nicht mehr wie bei den Fumarolen gleichmäßig vor sich, sondern erfolgt stoßweise. Glühende Steinklumpen von verschiedener Größe und Gewicht werden mit prasselndem Geräusch, oft in Absätzen von wenigen Secunden, wiederholt in die Höhe geschleudert, und senkrecht

Fig. 32.



aufsteigend, zertheilen sie sich garbenförmig in der Luft, wie Raketenbüschel. Nur ein Theil fällt in den Krater zurück, die anderen fallen auf den Berg und rollen mit Gepolter an seinen Abhängen hinunter.

Fortwährend hört man dabei im Innern des Berges ein heftiges Krachen; ein brausendes Geräusch wird von einzelnen Detonationen wie von Kanonenschlägen unterbrochen, und die Häufigkeit und Stärke der Steinwürfe, wie die Heftigkeit, mit welcher sich die Rauchwolken aus dem Innern des Berges hervorwälzen, nimmt fortwährend, oft mit reißender Schnelligkeit zu. Der Dampf, welcher mit ihnen aufsteigt, hat die beim ruhigen Zustande des Berges gewöhnliche, graulichweiße Farbe nicht mehr, er wird schwarz von dem Staube, welchen er mit sich hinaufreißt und mitunter auch wohl von brenzlichen Stoffen. Die Steine, welche glühend hervorgeschleudert werden, bilden in der dunkeln Wolke feurige Strahlenbüschel, die, wie ein Feuerregen niederfallend, auf dem Boden mit unzähligen Funken zerplatzen. Der Wiederschein der glühend-flüssigen Lava aus dem Innern des Kraters herauf wirft durch die erweiterten Oeffnungen sein Licht auf die Dämpfe und Wolken und giebt ihnen zur Nachtzeit, nach Hamiltons trefflichem Vergleiche, das furchtbar schöne Ansehen einer Gewitterwolke im Abendroth.

Entweder arbeitet der Berg allein auf diese Art vom Kra-

ter aus: stößt Dämpfe aus, häuft Schlacken an, treibt Lava über seinen Rand; und sinkt, nach einer mehr oder minder langen Thätigkeit, dann wieder in den alten Ruhestand zurück; oder er beginnt, während die beschriebenen Phänomene noch fortdauern, sich periodisch selbst wohl noch vergrößern, die dritte seiner Operationen mit dem Ausbrechen der glühend-flüssigen Lava. Nachdem dieselbe sich oft Tage und Wochen lang durch den aus dem Innern des Kraters hervorleuchtenden Feuerschein angekündigt hat, tritt sie dann endlich aus dem Berge hervor, und, an den Abhängen des Berges weit hinabströmend, verbreitet sie Verwüstung weit hinaus. Die Ursache ihres späteren Erscheinens, nachdem die inneren Beunruhigungen des Berges, das Auswerfen losgerissener Gesteins- und Schlacken-Brocken bereits lange vorhergingen, liegt in der Schwierigkeit und in der großen Kraftanstrengung, deren es bedarf, um eine beträchtliche geschmolzene schwere Masse bis zu der ansehnlichen Höhe der Kratermündungen in den Vulkanen zu erheben. Die elastischen Wasserdämpfe und erhitzten Gasarten, welche im Innern des Berges gefangen sind, und nur zum Theil durch den Krater entweichen können, müssen einen sehr hohen Grad der Erhitzung, eine ungeheure Spannung erlangt haben, ehe sie im Stande sind die geschmolzene Masse aus dem Innern vor sich her zu treiben und einer, oft viele tausend Fuß hohen Lavasäule das Gleichgewicht zu halten. Dieser Umstand aber erklärt noch manche andere, bei dem Austreten der Lava sich zeigende Erscheinungen, welche wir jetzt noch etwas näher in's Auge fassen wollen.

Sechsundzwanzigster Brief.

Zeichen der Thätigkeit der Vulkane.

Fortsetzung.

An den verschiedensten Beispielen kann man sich davon überzeugen, daß, je kleiner ein Vulkan ist, um so häufiger die

Ausstoßung von Laven an ihm vorkomme, und außerdem diese dann auch meist von seinem Hauptkrater am Gipfel auszugehen pflegt. Der Grund davon liegt allein in dem geringen Widerstande, welchen Druck und Höhe der Lavamassen in dem kleinen Berge der Wirkung der gespannten Dämpfe entgegensetzen; so daß eine jede, wenn auch nur geringe, Verstärkung der Gewalt im Innern des Vulkans auch eine Eruption zur Folge hat. Wir haben oben schon dergleichen Vorgänge an dem kleinen Vulkan der Insel Stromboli betrachtet, eines kleinen Berges, der schon seit mehr als 2000 Jahren nie aufgehört hat Eruptions-Erscheinungen zu zeigen, und darum bei den Alten den Namen der Leuchte des tyrrhenischen Meeres erhalten hatte. Auch jetzt noch sieht man ununterbrochen an seinen Abhängen einen Lavenstrom langsam herabfließen und der Schlot wird niemals durch die über ihm aufgethürmte Masse verstopft. Solch ein Vulkan ist in der That, seiner Erscheinung nach, einer warmen Mineralquelle zu vergleichen, und so gut wie wir neben den Wasserquellen Gasquellen unterscheiden, so können wir wohl in dieser Erscheinung mit gleichem Rechte eine nie versiegende, glühende Lavenquelle erkennen. Es finden sich übrigens noch mehr Vulkane auf der Erdoberfläche, welche ähnliche Erscheinungen zeigen und selbst der mächtige Vulkan Kilaueah auf Hawai scheint ununterbrochen einen See von flüssiger Lava in seinem großen Krater zu beherbergen. Meist sind dieses jedoch nur sehr niedrige Vulkane.

Bei höheren Vulkanen stellt sich das Verhältniß merklich anders, so z. B. beim Vesuv, obgleich dieser noch immer nicht zu den großen Vulkanen zu zählen ist. Bei ihm treten bedeutendere Eruptionen, welche mit Laven-Ergießungen verknüpft sind, zwar häufig, aber doch immer nur periodenweise ein, und wir haben schon theilweise oben gesehen, wie die ausgebrochenen Massen selbst bei ihm durch stetiges Anhäufen die Ausfüllung seines Kraters und die Verschließung seines Schlotes bewirken. Dann bedarf es nothwendig einer Ansammlung elastischer Kräfte, um endlich durch eine gewaltsame Explosion die hoch aufgethürmte Decke zu sprengen und den gefangenen Dämpfen einen Ausweg zu schaffen. Je nach der Größe der Entladung, je nach dem Abzug durch andere Kanäle — ich er-

innere an die Bildung des Monte Nuovo — richtet sich die Dauer der Pause, welche bis zu einem neuen Ausbruch verstreicht. Doch treten nun bei diesem Berge die Lavenströme nicht mehr allein aus dem Krater am Gipfel des Berges hervor, sondern es bilden sich nicht selten an den Wänden des Ausbruchskegels oder auch an seinen tieferen Gehängen Oeffnungen, aus denen die im Innern aufgehäufte Lava entströmt. Diese Ausbrüche sind es besonders, welche man in der Umgebung des Berges am meisten fürchtet, da sie vorzüglich, sowohl durch die größere Menge von Lava, welche sie ausstoßen, als auch durch die größere Nähe der Ausbruchsstellen, dem bewohnten Fuße des Berges gefährlich werden.

Wieder anders gestalten sich diese Verhältnisse bei den meisten großen Vulkanen, für die wir den Aetna als einen Repräsentanten annehmen können. Diese zeigen überhaupt seltener Eruptions-Erscheinungen mit Laven-Ergüssen, und am seltensten kommen letztere vom Krater herab. Sorgfältige Untersuchungen am Aetna machen es wahrscheinlich, daß mindestens neun Zehntheile aller aus ihm hervorgekommenen Lavenstöme an seinem sanften Gehänge hervorgebrochen sind. Sie erinnern sich der 700 Ausbruchskegel auf dem Umfang des Berges, deren oben Erwähnung geschah, und mögen daraus ein doppeltes Bild einerseits für den Umfang der Thätigkeit des Berges, andererseits für die Dauer derselben entnehmen.

Es giebt endlich Feuerberge, die sich zu so außerordentlichen Höhen erheben, daß bei ihnen selbst die furchtbarsten Eruptionen nicht mehr von Laven-Ergüssen begleitet sind. Hierher gehören die Riesen der Südamerikanischen Anden, bis zu deren Gipfel nur heiße Dämpfe, nicht aber geschmolzene Gesteine aufsteigen. Jeder dieser Vulkan-Kolosse steigert in der Regel nur einmal in einem Jahrhundert seine Thätigkeit so weit, daß er zu einer Eruption gelangt. Dann aber kommt die im Innern des Berges, und in dem unter ihm liegenden Gebirge, vorhandene Lava nicht zum Ausfluß, sondern sie wird nur zerkleinert zu Brocken, Sand und Asche unter entsetzlichen Convulsionen, die sich in steten Erschütterungen und furchtbarem Krachen kundgeben, zu Tage gebracht.

Auf welche Art die Abflüsse vom Hauptkrater eines Ber-

ges vor sich gehen, das haben wir schon oben einsehen gelernt, wie aber seitliche Entleerungen stattfinden, bleibt noch zu erörtern. Der große Ausbruch des Aetna, welcher am 11. März 1669 begann und einen Theil von Catania zerstörte, kann hierfür als erläuterndes Beispiel dienen. In der Nacht zum 9. März begannen Erdbeben den Fuß des Aetna zu erschüttern; sie steigerten sich im Laufe des Tages so gewaltig, daß schon um Mittag das große Dorf Nicolosi der Erde gleich gemacht war. Wenige Schritte von diesem Dorfe öffnete sich unter fürchterlichem Krachen ein Spalt, der sich schlängelnd an der Erhebung des Berges hinanzog, bis zu dem Monte Frumento, welcher am Rande des oberen Plateau, des Piano del Lago, steht. Dieser Spalt lief genau von Süd nach Nord, war mehr als drittehalb Meilen lang und sechs Fuß breit. Kurz vor Mittag desselben Tages öffnete sich ein zweiter Spalt, ungeheuren Dampf mit Gebrüll ausstoßend. Er hatte ganz dieselbe Richtung wie der erste und lag in der verlängerten Linie desselben, wenig davon entfernt. Bis zum Abende öffneten sich noch fünf andere Spalten unter Ausstoßen von Dampf und einem Getöse, das neun Meilen weit gehört wurde. Am Abend entstand mit gleichen Erschütterungen und Brüllen noch ein Spalt unter dem Monte Fusara eine Miglie (5300 Fuß) weit von den ersten und auf der Linie ihrer Verlängerung, welcher ungeheure Steine auswarf, nebst Sand und sogenannter Asche. Aus diesem Schlunde ergoß sich nach einigen Stunden ein Strom von Lava, zwei Miglien breit und fünfzehn Fuß hoch, der gegen Süden abfloß bis an den 1500 Schritt im Süden entfernten Kegel Mompeliere. Am 12. erreichte er das Dorf Belpasso und zerstörte es. Am Abende desselben Tages entstanden um diesen großen Spalt noch sieben andere kleinere, die sich aber mit jenem bald zu einem einzigen großen Schlunde vereinigten. Nicht lange darauf stürzte sich die Lava in Höhlen des Mompeliere, unterwühlte ihn und machte, daß er ein wenig zusammensank. Immerfort ausströmend, verwüstete der zwei Miglien (10600 Fuß) breite Lavastrom bis zum 23. viele Orte. An diesem Tage erfolgte auf's Neue ein heftiges Auswerfen aus der großen Spalte, wodurch ein großer kegelförmiger Berg entstand, der einen andern, Salazar genannt ganz überdeckte. Die Ueber=

sicht über die Localitäten wird Ihnen durch die nachfolgende Karte wohl noch erleichtert werden.

Fig. 33.



Kreide Form. *Tertiär Form.* *Basalt der C. Jns.* *Gestein des V. d. B.* *Tuff und Laven*

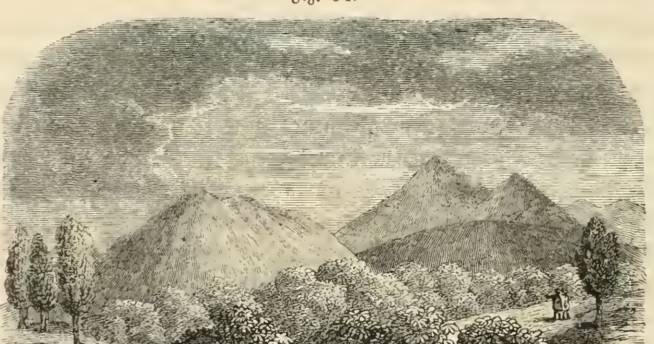
Am 25. erfolgten wieder die heftigsten Erdstöße und der obere hohe, einem Thurm gleichende Gipfel des Aetna, von welchem während der ganzen Dauer dieses Ausbruchs nur wenig Dampf emporgestiegen war, fiel in den Krater, so daß der Berg auf einmal niedriger erschien als vorher. Die hineingestürzte zermalmte Masse wurde darauf in Gestalt einer ungeheuren schwarzen Säule, die sich oben ausbreitete und die Luft verfinsterte, in die Höhe getrieben. Der Krater, der vorher eine Stunde im Umfange hatte, wurde dadurch auf zwei Stunden

Umfang vergrößert. Anfangs war er so tief, daß man den Boden nicht erkennen konnte, doch im August war er schon zum großen Theile wieder angefüllt und hatte die Trichterform angenommen.

Der Lavastrom, immerfort gegen Süden abfließend, hatte sich in drei Arme getheilt, und diese wieder in mehrere kleinere, die alle unglaubliche Verwüstung in vielen Orten und Ländereien anrichteten. Immer strömte neue Lava über die zuerst ausgeflossene her. Am 29. März, also 18 Tage nach dem ersten Ausbruche, erreichte ein Strom das Dorf Misterbianco und zerstörte es ganz, nur die große Kirche und wenige Häuser blieben stehen. Nachdem er das Lehen Porcaria überschwemmt, wendete er sich, dem Abhange des Bodens folgend, nach Osten der Meerseite zu, erreichte am 1. April die Albanelli, zwei Miglien westlich von Catania, gelangte dann zu dieser Stadt, überströmte zum Theil ihre Mauer, mehrere Gebäude zerstörend, und floß zum Theil um dieselbe herum, bis in das Meer. In diesem drang er weiter als eine Miglie vor, und bildete ein Vorgebirge von zwei Miglien Breite, das mehr als drei Meilen von dem Ursprunge des Stromes entfernt lag. Das völlige Erlöschen des Berges erfolgte erst im Juli.

Die von den beiden größten Spalten ausgeworfenen festen Massen bildeten am Orte des Ausbruchs einen großen zweigipfeligen Berg, welcher davon und von der Farbe seiner Masse den Namen i Monti Rossi erhalten hat. Die nachfolgende Abbildung zeigt denselben in seiner heutigen Gestalt.

Fig. 34.



Er hat an der Grundfläche zwei Miglien im Umkreise und ist 850 Fuß über die Umgegend erhoben (3000 Fuß über das Meer). Ihn umgiebt eine von ausgeworfenem Sande gebildete Ebene von drei Miglien (1 Stunde) im Durchmesser. Ja, der Ausbruch hat diesen Sand mehr als drei Meilen weit in die Runde zu fünf bis sechs Fuß hoch verstreut und die Thäler von Nicolosi und Pedaro ausgefüllt. Die Asche wurde bis nach Calabrien getrieben. Noch sind um die Monti Rossi fünfzehn damals aufgebrochene Spalten sichtbar geblieben, die aber keine Lava ausgegossen haben. Alle haben die Richtung von Süd nach Nord, nur die letzten sind etwas gegen Osten gerichtet. Nur die Spalten bei den Monti Rossi, die ungefähr 100 Fuß östlich von jenen Bergen liegen, gaben Lava, welche dort große Gewölbe, wie lange Gänge, gebildet hat.

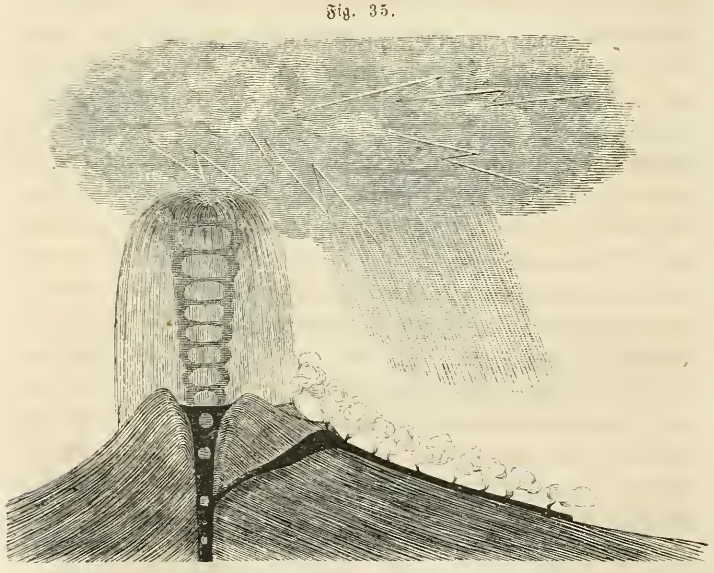
Das hier so deutlich auftretende Zerreißen des Berges hat sich ganz ähnlich auch an anderen Vulkanen gezeigt. Am Vesuv ist es noch jetzt ebenso deutlich für den Ausbruch von 1760, als für den von 1794. Denn man sieht in beiden Fällen eine Reihe von kleinen Ausbruchskegeln hinter einander, am Gehänge des Berges herab, stehen. Immer laufen diese Spalten radial vom Mittelpunkte des Vulkans aus. Bei kleineren Ausbrüchen, wie z. B. bei dem Ausbruche des Vesuv von 1850 und 55, reißt nur der eigentliche Eruptionskegel auf, oft nahe unter der Mündung des Kraters, aber auch dieser zeigt dann stets eine geradlinige, radiale Spaltung. Auch bei Eruptionen in der Ebene kann man eine solche Spaltenbildung unzweifelhaft wahrnehmen, wie man sie bei der Bildung des Jorullo gesehen hat, und wie sie sich außerordentlich deutlich in einer Reihe von mehr als 20 Kratern zeigt, die sich bei dem furchtbaren Ausbruch von 1730 bis 36 auf der canarischen Insel Lanzarote, über einer Spalte von fast vier Meilen Länge gebildet haben.

Hat sich der Berg durch solche großartige Lavenströme bedeutend entleert, oder hat er auch nur durch die seitlichen Oeffnungen der Lava Abfluß verschafft, dann ist der Austritt der Dämpfe nicht mehr in dem Grade wie vorher behindert und mit entfesselter Gewalt entströmen sie in ungeheurer Menge dem Krater. Viele tausend Fuß hoch erhebt sich die Säule der Dämpfe, und Stoß auf Stoß werfen sich neue Ballen den

höheren Wolken zu. Wie Plinius sie schon bezeichnet hat, einer ungeheuren Pinie gleich, steht die riesige Wolke auf ihrem gewaltigen Stamme über dem Berg. Die Strömung der Winde vermag sie nicht mehr zu beugen, selbstständig, selbstthätig, in ihrem Innern Steine und Asche führend, breitet sie sich aus. Die heißen Dämpfe, welche in der Höhe sich mehr und mehr verdichten, bilden Gewitterwolken, deren elektrische Spannung sich in zahlreichen Blitzen kund giebt, welche sie durchzucken. Die emporgerissenen Steinblöcke stürzen in den Krater zurück, Schlacken und Lapilli bedecken den Berg, und die, von der Gewalt der Dämpfe zu Schaum und Staub zerkleinerte Lava, steigt als Asche hoch in die Luft und fällt von dort, entweder allein, oder mit dem zu gewaltigen Regen verdichteten Dampfe zugleich, als Schlamm auf die Umgebung des Berges hernieder. Mit diesen Regenströmen schließt der Ausbruch.

Möge der ideale Durchschnitt eines Vulkans, den ich hier folgen lasse, den ganzen Vorgang und Proceß noch anschauicher machen.

Fig. 35.



Wenn es vulkanische Ausbrüche gegeben hat, bei denen keine Laven ausgestoßen wurden, so sind dagegen wohl keine Aus-

brüche vorgekommen, bei denen nicht auch Asche wäre verbreitet worden. Denn die Laven-Abflüsse des Stromboli und anderer kleinen Berge sind keine eigentlichen Ausbrüche. Nicht selten sind sogar Aschen-Ausbrüche allein, oder doch vorwaltend, vorhanden. Die hohen Vulkane der Anden pflegen nur Aschen zu verbreiten, der Coseguina in Nicaragua, der Tomboro auf Sumbava, der Vesuv bei seinem ersten historischen Ausbruche liefern Beispiele für diese Thatsache. Auch in neuerer Zeit im Jahre 1822 hat der Vesuv einen Ausbruch gehabt, welcher vorwaltend ein Aschen-Ausbruch war.

Zu Anfang des Januar 1822 nahmen in der Umgebung des Vesuvs die Wasser in den Brunnen merklich ab. Am 7. Januar bildete sich am Fuße des Ausbruchskegels, gegen das Kreuz des Eremiten hin, ein Schlund, der während einiger Tage Schlacken auswarf, jedoch meist horizontal, wie das auch 1820 einmal vorgekommen war. Der Krater zeigte eine mittlere Thätigkeit. Gegen die Mitte des Februar wurde er lebhafter und am Abend des 12. gab eine heftige, die Umgebung des Berges erschütternde Explosion das Zeichen des beginnenden Ausbruchs. Ein ansehnlicher Lavenstrom floß von dem Krater ab, der Krater arbeitete heftig und warf bis gegen Ende des Monats Asche, jedoch in mäßiger Menge aus.

Im Laufe des Sommers zeigte sich die Thätigkeit des Berges noch immer nicht beruhigt, und vom October an steigerte sich das Auswerfen aus dem Krater wieder. In der Nacht vor dem 21. October erschütterten leichte Erdstöße die Umgebung des Vesuvs. Um Mittag des folgenden Tages sah man die Lava auf dem steilen Abfall des östlichen Kegels im Krater erscheinen und sich über den Kraterrand in zwei Bächen herabstürzen. Am 22. stieg aus dem Krater eine 2000 Fuß hohe mit Sand und glühenden Massen gemischte Feuersäule auf, nach einem fürchterlichen Knall riß der östliche Kraterrand ein, und es drang eine Aschen- und Lapilliwolke hervor, die fast eine Stunde lang gegen Südosten und Osten herabfiel. Etwas später ergossen sich vom Krater neue Lavenbäche gegen Westen und Süden; und als diese matter wurden, traten neue Aschenwolken hervor, deren Inhalt Capri und Sorrent erreichte.

Gegen Mittag des folgenden Tages wurde der Ausbruch

besonders heftig; es erhob sich eine ungeheure, oben mehrere Miglien breite, nach ungefährer Schätzung aber 7000 Fuß hohe Pinie, in deren Nähe Blitze ohne Donner zuckten. Rings um den Vesuv und auch in Neapel fiel Asche nieder, der Berg zitterte fortwährend und über den südwestlichen Kraterrand floß immer stärker und schneller die Lava aus, so daß sie den Weg am Kegel herab in 25 Minuten zurücklegte. Dieses Ausströmen dauerte in wechselnder Stärke bis zum Abend. Das Auswerfen aus dem Krater nahm zu, der große Kegel öffnete sich auf der Seite gegen Camaldoli hin an fünf Stellen und auch hier wurden Rauch, Sand und Steine ausgeworfen. Um die Feuergarbe zuckten Blitze und die Detonationen und Erschütterungen schienen den Einsturz des Kegels herbeiführen zu müssen. Die Lava floß während dieses bis gegen Mitternacht dauernden Paroxysmus nur an der Ostseite aus.

Früh um 1 Uhr des 23., nachdem sich die Heftigkeit des Ausbruches allmälig wieder gesteigert hatte, erfolgte eine sehr heftige lang dauernde Detonation, der Boden zitterte stark und eine ungeheure Sandwolke stieg aus dem Krater auf; der Rest des östlichen Kegels im Krater, so wie ein Theil des Randes und der Kraterebene waren eingestürzt. Die Umgegend wurde mit Asche und Lapilli bedeckt. Gegen 3 Uhr nahm die Heftigkeit des Ausbruches ab, aber Nachmittags Pinie und Aschenregen bis Neapel. Auch der besonders in Resina heftige Geruch nach Salzsäure drang bis nach Neapel. Pinie und Aschenregen dauerten fort am 24., 25. und 26. October. Am 24. flog die röthlich gefärbte Asche östlich bis Ascoli, 12 Meilen, und südöstlich bis Cassano, 23 Meilen weit.

Am 26. October Mittags sah man zuerst den Vesuvgipfel unverhüllt, seine Gestalt hatte sich sehr verändert. Nach Südost hin war er bedeutend niedriger geworden, aber der höchste Punkt des Kraterrandes, die Punta del palo, war unversehrt, so daß die Spitze von Neapel aus schräg abgeschnitten erschien. Bis Ende October setzte sich der Aschenfall fort mit starken Regen vermischt, wodurch Ueberschwemmungen entstanden, da die das Land bedeckende Asche das Wasser nicht einsog und die gewöhnlichen Rinnsale durch die ausgeworfenen Massen verstopft waren. Die ausgegrabenen Theile von Pompeji wurden

wieder mit Asche mehrere Fuß hoch bedeckt. Bis zum 16. November dauerte der Regen von zuletzt graulichweißer Asche fort. Also 27 Tage hatte der ganze Ausbruch gewährt. Seit der Verschüttung von Pompeji ist eine so große Aschenmenge nicht um den Vesuv verbreitet worden. Im Anfang des Decembers zeigten sich die Mofetten und zwar besonders heftig in Resina und Torre del Greco. In Kellern, die ganz im Tuff standen, erschienen sie nie, sondern nur in solchen, welche in alten Vesuvströmen ausgegraben waren.

Was sind Mofetten? höre ich Sie fragen, und antworte Ihnen darauf: Mofetten sind die letzte, aber auch die wunderbarste, am wenigsten erklärte Ausbruchs-Erscheinung der Vulkane. Sie sind ein heimlicher Feind, der um so furchtbarer ist, weil man ihn am wenigsten vermuthet. Ist er an einer Stelle entdeckt, so flieht er plötzlich zu einer anderen fort, weit von der ersten entfernt und auf nicht zu verfolgenden Wegen. Monate lang nach den Ausbrüchen steigen die Mofetten am ganzen Umfang des Berges herauf; in Kellern, auf Feldern, in Gärten, zwischen den Reben. Aus der Mitte der unfruchtbarsten Rapilli,. wie aus der herrlichsten Dammerde und in den dichtesten Wäldern. Nicht etwa bloß in der Nähe jüngst geflossener Lavenströme, oft sehr weit von dem Mittelpunkt der Verwüstung entfernt. Schon oft glaubte mancher Besitzer seine Weingärten von Mofetten verschont, weil schon ein völliger Monat seit dem Ausbruch verflossen war; und den folgenden Tag fand er zu seinem Verderben einen See von tödtender Luft über die Hälfte des Gartens verbreitet, und eine Quelle wochenlang strömen. Schon oft trieb ruhig der Bauer seinen Esel vom Markt aus der Stadt auf dem stets sicheren Wege nach seinem Dorfe zurück, als plötzlich das Thier umfällt und erstickt, und ihn zur schleunigen Flucht zwingt. Die Vögel liegen todt um solche Orte her und die Pflanzen verdorren.

Solcher Mofetten brechen eine große Zahl zu gleicher Zeit aus. Nach der Vesuv-Eruption von 1767 wußte man allein von 47 Orten, die als tödtend bekannt waren. Nach der von 1794 fand man in den Wäldern um den Vesuv eine unglaubliche Menge von Hasen, von Rebhühnern und Fasanen getödtet: und die Fische im Meere bei Resina, durch die Mofetten

vom Boden vertrieben, liefen auf der Oberfläche freiwillig in die Netze der Fischer. Selbst in Castell-a-mare erstickten Menschen, noch einige Monate nach dem Ausbruch, durch diese tödtende Luft.

So schildert uns Buch das Vorkommen und die Wirkungen der Mofetten. Sie scheinen am Vesuv häufiger und regelmäßiger vorzukommen als an anderen Vulkanen. Für ihre Vertheilung ist noch merkwürdig, daß sie nur selten und in geringer Zahl auf der Seite von Somma und Ottajano sich finden, d. h. den Mantel der Somma nur selten durchbrechen; aber häufig und stark auf der Süd- und Westseite auftreten. Vorzüglich sind es die Gegenden, welche auf Lavenströmen des Berges stehen, in denen sie sich zeigen, die eben auch, auf diesem Wege, die geradeste Verbindung mit dem Innern des Berges haben. Nie hat man sie entfernter als in Castell-a-mare gefunden. Auf der Südseite kehren sie sogar nicht selten an denselben Orten wieder, so namentlich fast nach einem jeden Ausbruch in dem Tempel der Isis zu Pompeji. Ihrer Zusammensetzung nach sind sie fast reine Kohlensäure. Aus welchem Vorgang und aus welchem Ort sie stammen, ist bisher noch unergründet.

Mit ihnen schließt die Reihe vulkanischer Ausbruchs-Erscheinungen sich ab. Wenn Sie nun jetzt auf ihre Folge zurückblicken, und sich die Mannigfaltigkeit vergegenwärtigen wollen, welche in der Entwickelung der einzelnen Erscheinungen eintreten muß, je nach der Eigenthümlichkeit der Ausbruchsstellen, so werden Sie erkennen, daß eine umfassende Charakteristik dieser Gesammtheit wunderbarer Vorgänge sich nur in allgemeinen Zügen halten kann. Diese hier zu geben, war mein Bestreben.

Siebenundzwanzigster Brief.

Beschaffenheit der Laven und Aschen.

Reisende pflegen, nach einem Besuch von Neapel, allerlei Schmuck von geschnittenen Steinen zur Erinnerung mit in die

Heimath zu bringen, und nennen die Masse desselben Lava. Das sind weiße, blaue, bräunlich-graue und schwarze Steine, und die Steinschneider geben das Alles für Lava aus, obgleich es meist nur Kalksteine sind, die niemals Lava waren. Sprechen doch auch die Antiquare von der Lava, welche Herculaneum bedeckt. Nicht so die Geologen. Sie verstehen unter der Bezeichnung Lava: ein geschmolzenes Gestein, das durch die vulkanischen Kräfte bewegt wird und durch seine Flüssigkeit neue Lagerstätten einnimmt. Die Bezeichnung: ein geschmolzenes Gestein, reicht hier allein nicht aus, denn viele unserer massigen, krystallinischen Gesteine sind sicherlich dereinst geschmolzene gewesen, ohne daß man sie darum Laven nennen dürfte, und deshalb muß hinzugesetzt werden: das bewegt wird und neue Lagerstätten einnimmt. Lava ist kein ursprüngliches, sondern nur ein umgeschmolzenes Gestein und unterscheidet sich dadurch eben von allen älteren Gesteinen feurigen Ursprungs. Daher kann auch derselbe Berg, im Verlauf einer verhältnißmäßig kurzen Zeit, verschiedene Lavenarten von sich geben und darum ist die Lava auch keine fest bestimmte Gesteinsart, wie Granit oder Basalt. Lava ist bald schwarz, bald heller gefärbt, bald körnig und bald glasig; Lava ist Alles, sagt Buch, was in einem Vulkane fließt.

Daß die Lava sich im Innern des Berges als eine völlig flüssige Masse befindet, haben wir aus der Schilderung des kleinen Stromboli-Kraters ersehen, doch sind auch an anderen Vulkanen ähnliche Beobachtungen gemacht worden. Auch am Vesuv hat man die Lava in dem Kraterschachte auf und nieder steigen sehen, nur war der Schlund größer und der ganze Vorgang heftiger als auf Stromboli. Am großartigsten ist das Fließen und Wallen im Krater des Kilauea auf Hawaii beobachtet worden. In der Tiefe desselben breiten sich mehrere hellleuchtende Lavaseen aus, von denen einer 1500 Fuß breit ist. Seine Lava ist in beständiger auf und nieder wogender Bewegung, und Schlackenstücke werden von Zeit zu Zeit bis 70 Fuß hoch aufwärts geschleudert. In einem zweiten kleineren Lavasee strahlte die aufkochende Lava ein so intensives Licht aus, daß es in darüber hinziehenden Regenwolken einen Regenbogen erzeugte. Die Lava ergoß sich aus dem Rande des Sees so flüssig wie Wasser, theilte sich bei ihrem weiteren Fortströmen

in mehrere Arme, bildete über Abstürzen des Terrains Kaskaden, u. s. w. Neuere Berichterstatter sahen auf einem dieser Lavaseen, der in mächtigen Feuerwogen gegen sein Ufer brandete, Lavasäulen bis zu 60 Fuß Höhe aufsteigen; dann wurde es ruhig, die Oberfläche verdunkelte sich und schien erstarren zu wollen, doch plötzlich zerriß die Decke, flüssige Lava breitete sich abermals aus, in welcher die Schlackenrinden, wie Eisschollen im Wasser, auf und nieder tauchten, und der glühende Lavasee war wieder hergestellt.

Die Spanier fanden, als sie Central-Amerika eroberten, dort einen Vulkan in ähnlichem Zustande vor und nannten ihn: El Infierno de Masaya (die Hölle des Masaya). Bald verbreitete sich unter den habgierigen Conquistadoren das Gerücht, das flüssige Meer im Krater des Vulkans sei edles Metall und ein Mönch Fray Blas de Castillo unternahm es, im Jahre 1534, in den Krater selbst hinabzusteigen. Oviedo, der spanische Chronist für jene Zeit und Länder, giebt über dieses Wagniß Nachricht nach des Mönches Bericht.

„Diese geschmolzene Materie, sagt Fray Blas, gleicht einem rothem Meere und ihre heftigen Bewegungen machen einen Lärm wie die Wogen des Meeres, wenn sie wider die Felsen schlagen. Dieses Meer sieht wie das Metall aus, aus welchem die Glocken gegossen werden, oder wie Schwefel oder Gold in flüssigem Zustande, ausgenommen, daß es zwei bis drei Faden hoch (12 bis 18 Fuß) mit einem schwarzen Schaume bedeckt ist. Ohne diese Schlamm- oder Schlacken-Masse würde das Feuer eine solche Gluth und einen solchen Glanz ausstrahlen, daß es unmöglich sein würde in seiner Nähe zu weilen, oder auf dasselbe zu blicken. Manchmal theilt sich diese Decke an gewissen Stellen und dann kann man die Materie roth und glänzend wie das Licht des Himmels erblicken. In der Mitte heben sich beständig zwei große Massen geschmolzenen Metalls von vier bis fünf Faden (24 bis 30 Fuß) im Durchmesser empor, die stets frei von Schaum sind, und aus denen an allen Punkten flüssiges Metall aufspritzt. Das Lärmen dieser geschmolzenen Ströme, wenn sie zwischen den Felsen hinstürzen, gleicht dem Krachen des groben Geschützes, wenn es die Mauern einer Stadt beschießt.

Die Felsen um dieses metallene Meer sind bis zur Höhe von sieben bis acht Faden (42 bis 48 Fuß) schwarz, welches beweist, daß die flüssige Materie bisweilen so hoch aufsteigt. Auf der nordöstlichen Seite des Kraters liegt die Oeffnung einer Höhle, in welche sich ein Strom der brennenden Substanz ergießt; daher sie der Abfluß des Kraters zu sein scheint. Sie fließt einige Augenblicke vorwärts, bleibt stehen, setzt dann von Neuem an, und so geht es beständig fort. Aus dieser Höhle dringt dicker Rauch hervor, in größerer Menge, als er aus dem ganzen See aufsteigt, und verbreitet überall hin einen starken Geruch. Ebenso dringt eine Hitze und strahlt ein Glanz daraus hervor, die nicht beschrieben werden können. Während der Nacht ist die Kuppe des Berges vollkommen erleuchtet, wie es auch die Wolken sind, welche eine Art Tiara darüber zu bilden scheinen, die man auf dem Lande 18 bis 20, zur See über 30 Leguas weit sehen kann. Je finsterer die Nacht, desto glänzender der Vulkan. Es ist merkwürdig, daß weder oben noch unten die geringste Flamme zu sehen ist.

Bei Regen und Sturm ist der Vulkan am rührigsten, denn wenn das Unwetter seine höchste Höhe erreicht, macht er so viele Bewegungen, daß man sagen könnte, er sei ein lebendes Wesen. Die Hitze ist so groß, daß der Regen sich in Dampf verwandelt, bevor er den Boden des Kraters erreicht, und ihn gänzlich in Finsterniß einhüllt. Sowohl die Indianer als die Spanier versichern, daß einmal nach der Zeit der Eroberung in einem regenreichen Jahre das brennende Metall bis zum obersten Rande des Kraters gestiegen und die Hitze so groß gewesen sei, daß auf eine Legua im Umkreise Alles verbrannt ward. Es drang eine solche Masse glühenden Dampfes daraus hervor, daß auf mehr als zwei Leguas Bäume und Pflanzen verdorrten. Fürwahr man kann den Vulkan nicht ansehen ohne Furcht, Bewunderung und Bereuung seiner Sünden, denn er kann nur von dem ewigen Feuer übertroffen werden."

Fray Blas stieg zu zweien Malen in den Krater und ließ an einer Kette einen eisernen Eimer in die geschmolzene Lavenmasse hinab. Er sah sich gar arg getäuscht, als er weiter nichts als eine Masse grauen Bimsteins heraufbrachte, wo er gediegenes Silber oder Gold zu finden gehofft hatte. Jetzt ist

das Feuer im Krater erloschen und die Hölle des Masaya verschwunden.

Wenn die Lava, über deren Verhalten wir durch Hoffmann sehr viel schätzbare Nachrichten besitzen, bei größeren Eruptionen den Krater verläßt, in dem wir sie eingeschlossen betrachtet haben, so pflegt sie, wie bereits erwähnt wurde, nicht aus dem oberen Gipfel, sondern an der Basis oder den Seitenwänden des Eruptionskegels hervorzubrechen. Je tiefer sie unter dem Spiegel der im Krater auf und nieder wogenden Lavasäule hervorbricht, um so deutlicher offenbaren sich an ihr die Wirkungen des innern Druckes, welcher sie hervortreibt. So ist es gewöhnlich, daß, bei tief in den Seitenwänden des Vulkans erfolgenden Ausbrüchen, die erste Lavamasse mit der Heftigkeit eines feurigen Springbrunnens hervorbricht. Bei einer Eruption des Mauno Loa auf Hawaii bildete sich 5000 Fuß unter dem Haupt-Ausflußpunkte eine Art Geysir von Lava, der ununterbrochen zu einer Höhe von 300 Fuß emporsprang, während sich der viel tiefer liegende Krater Kilauea bei dieser Eruption ganz ruhig verhielt. Diese Erscheinung erklärt sich am einfachsten durch den Druck von oben.

Sobald aber das erste heftige Hervorstoßen vorüber ist, so ordnet sich sehr bald die hervorquellende Lava zu einer ruhig und gleichförmig an den Abhängen herabfließenden Masse. Es bildet sich ein majestätischer Gluthstrom, begleitet von einem dicken graulichweißen Dampfstreifen, welcher sich fortwährend aus ihm entwickelt und den Lauf desselben auch bei Tage bezeichnet, wenn die Gluth, von der Tageshelle übertroffen, nicht mehr von fernher sichtbar ist. Form und Fließen dieses Stromes sind im Allgemeinen ganz denen gleich, die wir an Strömen fließenden Wassers oder an Schlammströmen bemerken. Ein bandförmiger Streifen, der meistens immer breiter wird, theilt sich, sobald er auf ein Hinderniß an der Oberfläche stößt, nicht selten in mehrere, bei großer Masse oft sehr zahlreiche Arme, die sich nicht selten bald darauf wieder vereinigen. An den steileren Stellen der Oberfläche, bei plötzlichen Abstürzen, bildet er glänzende und rauschende Katarakte, und unterwärts wieder sich sammelnd, fließt er weiter, bis irgend eine Vertiefung oder der verminderte Fall des Bodens seinem Fortschreiten ein Ziel setzt

und sein Ende sich nun zu einem weit ausgedehnten glühenden See oder Teich ausbreitet. Oft endigen auch, wie dies besonders am Vesuv und Aetna häufig vorgekommen ist, die Lavenströme durch ein Ausfließen ins Meer, welches sie mehr oder weniger zurückdrängen. Zur Nachtzeit und von fernher gesehen ist es ein auf meilenweite Strecken verfolgbares, rothglühendes Band, welches am Berge hängt, und eine der prächtigsten, großartigsten Naturscenen darbietet; bei Tage dagegen sieht man nur einen hellleuchtenden Streifen weißen Dampfes sich herabziehen.

Das Fließen der Lava geht in diesem Zustande ganz ruhig und gleichförmig und fast ohne bemerkenswerthes Geräusch vor sich. Der einzige Ton, welchen man dabei hört, ist ein schwaches Brodeln, das die stets sich entwickelnden Dämpfe veranlassen, hin und wieder ein schwaches Knistern, wenn die umgebenden Lavaschollen gestört oder gerückt werden; und wenn der Wind in die kleinen Dampfwirbel stößt, so klingt es wie entferntes Rauschen des Meeres. Dieses schwache Geräusch und der Anblick des ruhig fortwallenden Gluthstromes contrastiren äußerst wunderbar und sehr schön gegen die stets fortdauernden, donnernden Explosionen, das Gekrach und Getöse in der oberen Eruptions-Oeffnung. Weiter von solcher Stelle abwärts ändert sich schon das Schauspiel sehr merklich, welches der Lavastrom darbietet. Dort hat die Zähigkeit der Masse an der Oberfläche schon in hohem Grade zugenommen und es bedeckt sich dieselbe allmälig mit einer dunkelglühenden Schlackenkruste. Die entweichenden Dampfblasen treiben die Oberfläche derselben sanft auf und da die erhobenen Ränder der Schlacken starr stehen bleiben, so bilden sich leicht kleine, kegelförmige Erhöhungen, die an der Spitze eine oder mehrere Oeffnungen haben, welche Dampf aushauchen. Waren dagegen die aufgeblähten Ränder der Schlacken noch etwas flüssiger, so fallen sie zusammen und bilden, vom Strome mit fortgerissen, kleine, trichterförmige Vertiefungen, welche erstarrt den Wirbeln gleichen, die sich an den Brückenpfeilern unserer Ströme bilden, und oft von bedeutendem Durchmesser. Immer mehr und mehr kommen durch einander geschobene, spitzig aufragende, gewundene oder einsinkende Schlackenformen zum Vorschein, welche der Oberfläche des lang-

sam fortrückenden Stromes die Gestalt einer plötzlich, in heftiger Bewegung erstarrten Wassermasse geben.

Nimmt die Schlackenkruste mehr an Festigkeit zu, so bildet sich an der Oberfläche des Stromes eine zusammenhängende Decke, unter welcher streckenweise die Lavamasse fortfließt. Wenn günstige Umstände sich vereinigen, so entsteht hier, wenn der Zufluß der Lava von oben her allmälig aufhört, oft die merkwürdige Form einer fast cylindrischen hohlen Röhre oder eines gewölbartig überdeckten Kanals von mehr oder minder bedeutender Länge, durch welchen man später, wie durch den Stollen eines Bergwerks, hindurch gehen kann. Es ist das unstreitig eine der auffallendsten Formen, welche bei neu entstandenen vulkanischen Bildungen vorkommen, und es erwähnen ihrer daher auch fast alle Beobachter am Vesuv und am Aetna. Doch auch an anderen Localitäten, wo ansehnliche Lavenströme auf stärker geneigtem Terrain weit fortgeflossen sind, führt man sie an, wie von San Miguel unter den Azoren und von Teneriffa und Lanzarote unter den Canaren. Hartung beschreibt einen solchen unterirdischen, gewölbartigen Gang aus dem großen Lavenfelde bei Haria auf Lanzarote, welcher den Namen la Cueva de los Verdes führt.

Er ist an einer, unfern des südöstlichen Gestades gelegenen, Stelle leicht zugänglich. Man steigt zunächst in eine etwa 18 Fuß tiefe, 40 Schritt lange und 25 Schritt breite Vertiefung, deren Boden Bruchstücke erfüllen, deren Seitenwände aber aus durchschnittlich fußdicken, mit Schlacken wechselnden Lagen fester Lava bestehen. Am südöstlichen und nordwestlichen Ende des längsten Durchmessers öffnen sich zwei Höhlen. Durch die aufwärts, gegen Nordwest gelegene Oeffnung gelangt man über einen Haufen Gerölle, 25 bis 30 Fuß hinabsteigend, in eine Höhle, die Anfangs 22 Fuß breit und 15 Fuß hoch ist. Später erweitert sich der Raum zu 40 Fuß in der Breite und darüber, während das Dach sich, beim Schein der Fackel, nicht deutlich unterscheiden läßt. An andern Stellen bleibt dagegen nichts als eine, eine Paar Fuß große Oeffnung übrig. Die Seitenwände sind zuweilen vom Boden aus mit 50°, höher hinauf mit 25° geneigt, mitunter erheben sie sich auch beinahe senkrecht und gehen erst allmälig in das gewölbte Dach über. Sie bestehen,

so weit man sehen kann, aus schlackiger Lava und sind deshalb sehr rauh. Im Boden lassen rundliche Oeffnungen eine untere Höhle wahrnehmen, über deren Dach man fortschreitet, und in welche man, wo dieses zusammengebrochen, über Trümmer hinabsteigt. Der Fußboden der oberen Höhle ist mitunter an den Seiten ein Paar Fuß höher als in der Mitte, und zeigt so an den Wänden entlang, mit auffallender Regelmäßigkeit, einen Fußsteig, der selbst noch da, wo das Dach eingefallen ist, als eine Leiste sichtbar bleibt. In dieser Weise setzt sich die Cueva de los Verdes unter mannigfaltigen Abänderungen eine lange Strecke fort, und soll sich, wie die Eingebornen behaupten, sogar bis zu dem Fuß der Corona, mehr als eine Stunde weit, erstrecken.'

Hoffmann sah am Vesuv, während der Nacht vom 24. zum 25. Februar 1832, einen solchen Kanal sich allmälig unter seinen Augen bilden, und die Art seiner Bildung verdient wohl als ein Muster für solche Erscheinungen noch eine besondere Erwähnung. Aus den zur Seite glühend herabfallenden Schlackenstücken bildete sich zuerst an beiden Seiten des stets gleichförmig fortfließenden Stromes ein Damm, wie Deiche bei Strömen; als er stark genug geworden war, hob sich die Lava zwischen ihm, muthmaßlich dadurch, daß sie am Boden durch Erkalten verhärtete Schlacken absetzte, und sehr bald floß sie nun in einem Kanal, welchen sie selbst sich gebaut hatte, höher liegend als die beiderseitigen Umgebungen. Allmälig begann dann die Lava auch an der Oberfläche dieses Kanals sich ein zusammenhängendes Gewölbe zu bilden, welches sich sehr regelmäßig von den Rändern her aufbaute. Denn die sehr zackig von den Seiten nach der Mitte hin vorspringenden Schlackenstücke der Einfassungen hielten allmälig mehr und mehr von den gekräuselten Schlacken fest, welche auf der Oberfläche des Lavenstromes fortschwammen; sie verschmolzen mit ihnen, kamen einander von beiden Seiten her entgegen und zuletzt verbanden sie sich auf bedeutende Strecken hin zu einer völlig geschlossenen Wölbung, einer Lavagrotte, welche man wenige Wochen danach, als die innere Masse daraus abgeflossen war, noch als hohle Röhre untersuchen konnte.

Dergleichen Bildungen, wie die eben beschriebene, können

jedoch nur unter besonders günstigen Bedingungen vor sich gehen. Wenn die Steigung des Bodens, auf welchem die Lavamasse fortgleitet, nicht oft wechselnd und doch so groß ist, daß der flüssige Strom nicht stehen bleiben kann, und wenn die Lava sehr gleichförmig, oder allmälig schwächer werdend abfließt. Denn wenn die Lava erst schwach fließt, dann aber plötzlich wieder stärker nachdrängt, so wird die Decke des neu gebildeten Gewölbes zersprengt und zerstückelt. Solche Ungleichförmigkeiten des Bodens und des Zuflusses der Lava sind aber mehr Regel als Ausnahme, und es zeigt sich daher auch die auf der Oberfläche der Ströme stets fortgebildete Schlackenkruste fast immer nur zerbrochen. Wenn sich im untern Lauf eines Stromes die Masse derselben vermehrt, so wird sie von der sie tragenden Lavamasse durch einander geschoben, und der im oberen Theile hellglühende Strom gleicht nun unten einem unordentlichen Haufwerk über einander gerollter, schwarzer Schlackenschollen, welche sich fortwährend bewegen, und indem sie sich an einander reiben, einen ganz eigenthümlichen Klang, wie Scherben von zerbrochenem Glas oder Porzellan, von sich geben. Hin und wieder nur noch schimmert durch die Zwischenräume der Schlacken die verrätherisch darunter fortgleitende Gluth, und nur zuweilen macht sich die flüssige Lava, während die Hauptmasse langsam fortrückt, seitwärts zwischen den Schlackenstücken Platz und bricht dann hin und wieder in glühenden Seitenbändern plötzlich hellglänzend hervor.

Allein nicht bloß auf ihrer Oberfläche bedeckt sich die fließende Lava, wie ein im Eisgange befindlicher Strom, mit Schlackenkrusten, die sich von ihr selbst ablösen, sondern sie pflastert auch im Fortschreiten auf eine eigenthümliche und leicht zu erklärende Weise in gleicher Art den Weg, welchen sie verfolgt. Als eine, im Flusse selbst zäh zusammenhaltende Masse, bildet sie nämlich bei einfachem Fortschreiten, ohne nach den Seiten gänzlich zu zerfließen, einen kleinen Rücken oder Damm auf der Fläche, über die sie sich bewegt. Oft ragt sie, bei kleineren Strömen 10 bis 12 Fuß, bei starken Anhäufungen 40 bis 50 Fuß, ja mitunter, wie es z. B. von einem Strome des Skaptar-Jökul auf Island berichtet wird, 90 bis 100 Fuß hoch über ihre Umgebungen hervor. Wenn nun aber diese glühende

und mit Schlacken bedeckte Mauer sich fortbewegt, so schreitet der Fluß in ihren obersten Theilen am geschwindesten vor. Die schwere Masse hat in ihren unteren Theilen nicht nur ihren eigenen Druck, sondern auch noch den Widerstand, welcher durch die Unebenheiten der Grundlage erzeugt wird, zu überwinden und wird daher dort immer mehr als an der Oberfläche zurückgehalten. Es gleiten daher die oberen Theile im Strome schneller als die unteren fort und schieben dadurch am vorderen Ende die Schlackenkrusten vor sich her. Es entsteht auf diese Art, außer der im Ganzen einfach fortschreitenden Bewegung der Lava an ihren Enden, noch eine wälzende in der flüssigen Masse, bei welcher sie fortwährend in sich selbst zurück zu rollen scheint. Wohin also auch die Lava sich bewegen mag, so werden stets vor ihr herfallend ihre Schlackenstücke den Weg bedecken, welchen sie einschlägt; sie gleiten an der zähflüssigen Masse klebend hinunter und werden mit den sich fortwälzenden Wellen unter sie auf den Boden gezogen. Wir finden daher auch nach der Erkaltung — und dies ist wichtig für die Beurtheilung alter Lavaströme — den Strom nicht nur an seiner Oberfläche von einer vielfach durch einander geschobenen Schlackenrinde bedeckt, sondern auch auf einer ähnlichen, stets mit ihm verschmolzenen Schlackenkruste gelagert.

Wenn übrigens die Lava bei ihrem Fortschreiten auf Hindernisse stößt, so überwindet sie dieselben oder weicht ihnen auf eine sehr eigenthümliche Weise aus. Thalgründe füllt sie aus, stößt sie dagegen auf einen hervorragenden Gegenstand, welcher sie nöthigt ihre Richtung zu ändern, so geschieht dieses natürlich bei einer so zähflüssigen Masse nur sehr langsam und schwierig. Sie hat den Druck ihrer nachdringenden Masse an dem gehemmten Ende zu überwinden, und thürmt sich daher gewöhnlich, bevor sie seitwärts abfließt an solchen Stellen erst zu beträchtlicher Höhe und Mächtigkeit auf, so daß es fast hier das Aussehen gewinnen kann, als flösse sie eine Zeit lang bergan. Dieses Anschwellen geht aber gewöhnlich so langsam vor sich, daß man mitunter noch im Stande ist die drohende Gefahr abzuwenden, welche dem Ueberschreiten der letzten Schranken nachfolgen würde, an welchen die Lava stockt, bevor sie sich überstürzen, oder wegdrücken kann, was ihr entgegen steht.

Ein sehr merkwürdiges Beispiel hiervon sahe man bei dem großen, oben erwähnten Ausbruche des Aetna vom Jahre 1669. Der große Lavenstrom, welcher von den Monti Rossi ausging, erreichte nach wenigen Tagen, in denen er einen Weg von mehr als 3 Meilen zurückgelegt hatte, die alten festen Mauern von Catania. Sie waren von Quadern erbaut und fast 50 Fuß hoch. Die Lava thürmte sich daher an denselben langsam auf und drohte endlich über die Mauern in die Stadt einzubrechen. In dieser höchsten Noth griff man daher zur Abwendung der Gefahr zu einem verzweifelten, und einige Zeit hindurch wirksamen Mittel. Man kleidete 40 starke Männer in nasse Felle und ließ sie mit Hacken und Hämmern seitwärts Löcher in die Schlackenkruste des sich aufblähenden Lavenstroms einbrechen. So gelang es nun auch einige Zeit lang die glühende Masse längs der Mauer hin, nach dem Meere zu, abzuleiten, allein sie machte sich doch endlich selbst Bahn, überstieg, an einer noch jetzt sichtbaren Stelle die Mauer und brach in die unglückliche Stadt ein.

Fließt die Lava über ein angebautes Land, so zerstört sie begreiflich die Vegetationsdecke. Das von ihrer Annäherung bereits gedörrte Gras und die leichteren Kräuter werden von den Schlacken nicht selten in Brand gesetzt und die dann schnell von ihnen aufblitzenden Flammen, werden aus der Ferne nicht selten für Flammen gehalten, aus der Lava selbst hervorgehend. Trifft die Lava einen Baum und umhüllt ihn, so ergreift sogleich die Flamme die über den Strom hervorragenden Zweige und brennt, sie schnell einäschernd hoch empor. Aber der untere Theil des Stammes wird durch die Lava häufig so umhüllt, daß er nicht ganz verbrennen kann. Er verkohlt nur an seinen Rändern und trocknet in der Mitte zusammen. Wenn solche Ströme dann einmal durch die eindringende Feuchtigkeit zerstört werden, so enthält die Lava eigenthümliche, cylindrische Löcher, welche genaue Abdrücke von Baumstämmen darstellen. Fließt die Lava über sumpfigen, feuchten Boden, so veranlaßt die plötzlich entstehende Verdampfung des Wassers in demselben eine Aufregung in der Lavenmasse, welche wohl auf Augenblicke ihr Fortschreiten zu hemmen im Stande ist. Die Wasserdämpfe steigen mit großem Geräusch durch die flüssige Masse auf; sie

zerreißen die Schlackenkruste und werfen sie, die Lava nachspritzend, wild umher. Mitunter sind Menschen hierdurch, welche sich in der sonst ungefährlichen Nähe eines Lavenstromes aufgehalten hatten, zu Schaden gekommen.

In noch stärkerem Grade treten diese Erscheinungen ein, sobald die Lava das Meer erreicht. Man ist geneigt, sich das Ergießen eines Lavenstromes in das Meer als ein mit schauervollen und gewaltsamen Scenen verbundenes Ereigniß vorzustellen, als einen Kampf feindseliger Elemente in seinem großartigsten Maßstabe. In der That sind auch ältere Beschreibungen solcher Vorfälle wohl geeignet, schauerliche Vorstellungen zu erwecken, allein man hat in neuerer Zeit gesehen, daß diese phantastischen Bilder wohl wesentlich über die Wirklichkeit hinausgegangen sind. Denn, sobald die Lava in's Meer tritt, wird zunächst nur die unmittelbar mit ihr in Berührung tretende Wassermasse mit Kochen und Zischen in Dämpfe verwandelt, allein durch die, bei dieser Dampfentwickelung beförderte Erkaltung erhält die Oberfläche der Lava sogleich eine starke, feste Kruste, welche jede fernere unmittelbare Berührung zwischen der glühend-flüssigen Masse und dem Wasser völlig verhindert. Stets vom Lande her gedrängt treibt sie zusammenhängend das Wasser vor sich her, und wo sie reißt, entwickeln sich die Wasserdämpfe mit solcher Heftigkeit, daß dem Wasser der Zutritt in das Innere dieser Spalten dadurch verwehrt wird.

Ueber die Geschwindigkeit, mit welcher sich die Lava fortbewegt, besitzen wir eine große Zahl von Beobachtungen, deren Glaubwürdigkeit außer Zweifel steht. Es ist indessen sehr begreiflich, daß dieselben trotzdem in ihren Angaben ungemein von einander abweichen, da das Resultat der Geschwindigkeit eines Lavenstroms von sehr verschiedenen Einwirkungen abhängig ist. Wesentlich sind es drei, oft sehr verschiedenartig einwirkende Ursachen. Zuerst der Grad der Flüssigkeit der Lava, welcher mit der Entfernung von dem Ausbruchsorte sich bedeutend vermindert; sodann die Neigung des Bodens, auf welchem der Strom fortläuft; und endlich die Stärke des Nachdringens, durch den Zufluß von der Ausbruchs-Oeffnung. Nach den Verschiedenheiten, welche in jeder dieser drei Grundbedingungen vorkommen können, wird daher der Erfolg auch sehr abweichend aus-

fallen. Man hat versucht, ein Mittel für die Bewegung der Lavenströme zu finden, und hat z. B. für die Ströme des Aetna 1200 Fuß in der Stunde ausfindig gemacht (was 3,35 Fuß in der Secunde, also die Geschwindigkeit eines mäßigen Fußgängers ausmacht), doch giebt es nach beiden Extremen hin von dieser Angabe viele bemerkenswerthe Ausnahmen.

Sehr schnell fließende Lavenströme sind mehrfach am Vesuv beobachtet worden. Einer der schnellsten war der Strom, welcher am 15. August 1804 an der Südseite des oberen Kegels hervorbrach. Er stürzte mit der Schnelligkeit des Windes, wie Buch sich ausdrückt, an dem Abhange des Berges herab, und schon in wenigen Minuten erreichte er die Weingärten. Nach genaueren Beobachtungen soll er die erste Stunde Weges in 4 Minuten zurückgelegt, also 66,66 Fuß in der Secunde (viel mehr als die Schnelligkeit unserer Locomotiven bei den raschesten Zügen) gemacht haben. Späterhin floß er langsamer, doch hatte er schon 3 Stunden nachdem er zuerst bemerkt worden war, die Straße jenseit Torre del Greco überschritten und ergoß sich 2 Stunden später in's Meer. Doch scheint dieses noch keineswegs die größte am Vesuv beobachtete Schnelligkeit von Lavenströmen zu sein, da von dem Jahre 1631 berichtet wird, daß eine damals aus dem Gipfel hervorbrechende Lava, die im Meere drei ansehnliche Vorgebirge bildete, den Weg dahin in 3 Stunden zurückgelegt habe. Dagegen haben wir freilich auch wieder Beispiele von den außerordentlich langsamen Fortschritten in Bewegung befindlicher Lava. So hat man am Aetna einen Strom beobachtet, der sich 9 Monate lang flüssig erhielt und zuletzt in 24 Stunden nur etwa 5 Fuß vorrückte; ja ein älterer Schriftsteller giebt an, daß eine Lava, welche 1614 am Fuße des Aetna hervorbrach, noch 10 Jahre lang sich in Bewegung erhielt und in dieser Zeit doch nur im Ganzen eine Länge von einer halben Meile erreichte.

Die Neigung des Abhangs, über welchen ein Lavenstrom fließt, hat nicht bloß Einfluß auf die Schnelligkeit seiner Bewegung, sondern auch auf die Gestalt und Beschaffenheit der erstarrenden Massen. Nach Elie de Beaumont's Untersuchungen am Vesuv und Aetna, so wie an den erloschenen Vulkanen von Frankreich und Deutschland, hinterlassen Ströme auf Flächen,

die eine Neigung von mehr als 8° haben, nur unzusammenhängende Schlackenhaufen. Bei einem Gefälle von weniger als 8° können die Massen eines Stromes erstarren ohne zu zerreißen, doch bildet sich dann immer noch ein Lavenfeld von außerordentlicher Rauheit und Zerrissenheit an seiner Oberfläche, so daß es oft unmöglich ist, genauer zu bestimmen, ob man es mit den Resten eines Stromes oder nur mit den von ihm zurückgelassenen Schlackenmassen zu thun hat. Erst wenn die Neigung weniger als 3° ausmacht und sich der horizontalen Lage nähert, dann erst breitet sich die Lava gleichförmig aus und bildet ausgedehnte Lavenfelder. Freilich mögen wohl verschiedene Grade der Flüssigkeit, in denen sich die Masse befinden kann, auch hierbei von Einfluß sein, indessen weisen doch die Messungen von Beaumont nach, daß das von ihm entwickelte Gesetz im Allgemeinen volle Gültigkeit besitzt. Einige Beispiele mögen zur Erläuterung dienen.

Gefälle von Lavenströmen.

Bezeichnung der Ströme.	Winkelgröße.	Gefälle.
Allgemeines Gefälle der vom Skaptar-Jökul auf Island 1783 ausgestoßenen Lava, die sich über 10 Meilen weit ergossen hat	0°30′	0,0087
Gefälle des unteren Theils der Aetna-Lava von 1832, die oberhalb Bronte anhielt	0°44′	0,0128
Lava des Vesuv von 1834, von dem Wege unter dem Casino des Prinzen Ottajano bis zum Ende	1°45′	0,0306
Gefälle des Strandes von Torre del Greco, auf dem ein 25 Fuß hoher Lavenstrom erstarrt ist	2°—′	0,0349
Gefälle des Stromes am Aetna von 1669, von dem Ausbruchsorte an den Monti Rossi bis zum Meere	3° 1′	0,0527
Lavenstrom am Fuße des Mosenberges in der Eifel auf ungefähr 1000 Fuß Erstreckung	3° 6′	0,0542
Allgemeines Gefälle der Lava des Hoch-Simmer bei Mayen in der Eifel, weniger als	4°—′	0,0699

Bezeichnung der Ströme.	Winkelgröße.	Gefälle.
Neigung der letzten 7000 Fuß des Lavenstroms, der 1794 Torre del Greco zerstörte	4° 4′	0,0711
Der Lavenstrom von 1767 am Vesuv, an seinem Austrittspunkte am Fosso grande	4°53′	0,0851
Allgemeines Gefälle des Lavenstroms von 1794 am Vesuv, auf einer Länge von 14000 Fuß	6°32′	0,1145
Lavenstrom des Aetna von 1832, an dem Orte, wo er wie ein enger Sturzbach herabfällt	8°—′	0,1408
Lavenstrom des Vesuv von 1794 zwischen den oberen und unteren Ausbruchs-Oeffnungen. (Es ist nur ein zerworfener, schmaler Streif von Schlackenrinden) .	14°—′	0,2493
Lavenstrom des Val del Bove, bei dem Bocone de Lunegi, der nur eine dicke Schicht von Schlacken und zwei seitliche Schlakkenwälle zurückgelassen hat	24°—′	0,4452
Lavenströme von 1832 und 34, die auf den Gehängen des Kegels am Vesuv nur unzusammenhängende Schlacken und seitliche Schlackenwälle zeigen	30°-35°	0,577-0,700

Achtundzwanzigster Brief.

Beschaffenheit der Laven und Aschen.

Fortsetzung.

Wenn wir in dem Vorhergehenden allerlei Angaben über die Länge des Laufes der Lavenströme und über ihre mannigfaltige Ausbreitung gefunden haben, so liegt die Frage nach der Quantität sehr nahe, welche dergleichen Ausströmungen denn wohl besitzen mögen. Einige Ströme sind nach

sehr kurzem Laufe in's Stocken gerathen, während andere einen Weg von vielen tausend Fuß, ja von mehreren Meilen Länge zurückgelegt haben. Die Höhe kleiner Ströme beträgt zuweilen nur einige Fuß und ihre Breite bleibt oft weit unter 100 Fuß zurück, wogegen größere Ströme 100 Fuß Höhe und viele tausend Fuß Breite erlangen. Der Lavenstrom des Vesuv, welcher 1794 Torre del Greco zerstörte, ist 17500 Fuß lang und erreichte die Stadt mit mehr als 2000 Fuß Breite, bei einer Höhe von ungefähr 40 Fuß. Sein Volumen ist auf ungefähr 457 Millionen Cubikfuß berechnet worden; gleichzeitig mit ihm ging gegen Mauro ein anderer Lavenstrom hinab, dessen Masse für halb so groß genommen wird, so daß beide zusammen gegen 700 Millionen Cubikfuß ergeben. Das Volumen eines im Jahre 1776 auf der Insel Bourbon geflossenen Lavenstroms ist auf 2000 Millionen, das eines ebendort 1787 geflossenen auf 2500 Millionen Cubikfuß berechnet worden.

Indessen haben wir nach solchen Zahlen-Angaben doch noch kein Bild von der Größe der Massen und es entwickelt sich ein solches erst, wenn wir erfahren, daß z. B. diese letzteren beiden Massen Würfeln von 1250 und 1360 Fuß Höhe ungefähr entsprechen. Die großartigsten Lavenströme hat aber wohl seit Menschengedenken der Skaptar-Jökul auf Island bei seinem Ausbruch vom Jahre 1783 geliefert. Ein Strom ergoß sich am 11. Juni und stürzte in das Thal des Skaptar-Flusses, welches zum Theil als eine enge, 400 bis 600 Fuß tiefe Felsenschlucht ausgebildet ist, sich aber weiterhin zu einem Becken erweitert, in welchem ein See lag. Die Lava erfüllte nicht nur jene Thalschlucht bis an den Rand, sondern breitete sich auch beiderseits noch über die Fläche aus, erfüllte den See gänzlich und stieß dann auf einen älteren Lavenstrom, den sie theilweis wieder zum Schmelzen brachte. Am 18. Juni ergoß sich abermals ein Strom über die Oberfläche des ersteren fort und stürzte als eine Feuer-Kascade über die Thalstufe des Wasserfalls Stapafoß. Am 3. August kam ein dritter Strom zum Ausbruche, welcher durch die Massen der beiden vorherigen Ströme genöthigt wurde eine ganz andere Richtung in das Thal des Hverfisfliot einzuschlagen. Da, wo die Ströme aus den Thälern in die Ebene traten, breiteten sie sich zu Lavaseen von 2 bis 3 Meilen

Durchmesser aus, und behielten doch eine Dicke von 100 Fuß. Der bedeutendste von ihnen hatte 11 Meilen Länge, ein anderer 8 Meilen und ihre größte Breite betrug 1 ½ bis 3 Meilen. Neben solchen Massen erscheinen die Lavenströme des Vesuv, und selbst des Aetna, erbärmlich klein.

Man hat lange Zeit hindurch darüber gestritten, ob die Lavenströme wirklich flüssig seien, oder ob sie sich nur in einem Zustande scheinbarer Flüssigkeit befänden, und hat damit zugleich Zweifel an dem wirklichen Geschmolzensein der Masse und ihrer hohen Temperatur verbunden. Ueber beide Fragen sind wir jetzt im Reinen. Wir betrachten die Laven als eine vollkommen geschmolzene feuerflüssige Substanz, wie die geschmolzenen Metalle und Gläser, welche erst nach dem Erkalten fest wird, nicht aber aus festen Partikeln besteht, die nur während des Fließens über einander weggleiten. Nur bleibt die Größe der Wärme derselben, sowohl innerhalb der Wände des vulkanischen Herdes, als auch nach ihrem Ausflusse noch näher in Betracht zu ziehen.

In vielen Fällen spricht der hohe Grad von Flüssigkeit bei der Lava dafür, daß sie sich beim Austritt aus dem Berge oder der Tiefe in vollständiger Schmelzung, und daher auch in der dazu nöthigen Temperatur befinde. Die nähere Bestimmung dieser Hitzegrade ist nicht nur wichtig für die Beurtheilung der Stärke des Schmelzprocesses, welcher im Innern der Erde stattfindet, sondern auch, um daraus auf die Art der Entstehung des Zustandes schließen zu können, in welchen wir die Lava nach ihrer Erhärtung versetzt finden. Da wir in den sogenannten Pyrometern Instrumente besitzen, welche dazu dienen können hohe Hitzegrade zu messen, so scheint es leicht durch Anwendung derselben die Temperatur der Laven, wenn auch nur annähernd, zu bestimmen. Indessen hat bis jetzt noch Niemand die Schwierigkeiten zu überwinden vermogt, welche sich der Anwendung solcher Instrumente bei Lavenmassen dadurch entgegenstellen, daß wir es stets mit einer mächtigen, bewegten Masse zu thun haben, der gegenüber durchaus kein fester Punkt zu gewinnen ist. So können wir denn unser Urtheil über den Hitzegrad der Lava nur von den Erscheinungen hernehmen, welche sich an Körpern zeigen, deren Schmelzbarkeit und Ver-

halten gegen Wärme uns näher bekannt ist, wenn diese zufällig mit der Lava in Berührung gekommen sind.

Zunächst stimmen ältere und neuere Beobachter darin überein, daß die Lava blendend weißgelb und rauschend wie Wasser aus dem Berge heraus zu treten pflegt. Eine so schwere und schwer schmelzbare Masse, wie die Lava, muß unstreitig vollkommen geschmolzen sein, wenn sie gebildeten und geübten Beobachtern diesen Eindruck machen kann, und wenn sie, wie mehrfach berichtet wird, im Stande ist beim Austreten in Strahlen hervor zu spritzen und mit jener Schnelligkeit, deren oben Erwähnung geschah, am Berge hinabzustürzen. Die Beobachtung vielfältig langsamen Fließens, welches durch äußere Behinderung erzeugt wird, kann nicht gegen die Beweglichkeit der Laven an sich sprechen. Am deutlichsten zeigt sich jedoch der hohe Hitzegrad der Lava da, wo sie mit Körpern, die nur durch große Wärme eine Veränderung erleiden, in Berührung tritt.

Zunächst wird mehrfach angeführt, daß große Lavenströme, wenn sie in ihrem Laufe kleinere Hervorragungen des Bodens antreffen, diese durch Wegschmelzen entfernen können. Vom Aetna habe ich schon oben die Beobachtung citirt, daß bei dem Ausbruche von 1669 ein Theil des alten Ausbruchskegels Monpelieri eingeschmolzen worden sei; vielfach wird auch von solchen Umschmelzungen durch isländer Lavenströme berichtet, eine der sprechendsten Beobachtungen wurde aber am Vesuv durch Bottis an der Lava von 1779 gemacht. Er fand dort bei einem Besuche des Berges, während die Lava noch floß, eine Stelle, wo sich in der Kruste derselben ein trichterförmiges Loch gebildet hatte, auf dessen Boden die Lava fortwährend in einer brodelnden Bewegung begriffen war. Sie verursachte dabei ein murmelndes Geräusch, dem vollkommen ähnlich, was man hört, wenn eine fette Flüssigkeit gekocht wird, und wenn er die umherliegenden Schlackenstücke hineinwarf, so wurden sie schnell glühend und schmolzen wie Pech zusammen.

Nicht weniger werden diese Beobachtungen über die Hitze der Lava durch die Schmelzungen und Umänderungen bestätigt, welche andere Gegenstände erlitten, die zufällig mit ihr in Berührung kamen. So wird erzählt, daß die Lava von 1737, als sie in das Karmeliter Kloster bei Torre del Greco einbrach,

die gläsernen Trinkgeschirre, die im Refectorium auf dem (wahrscheinlich steinernen) Tische standen zerschmolz und sie in eine unförmliche Masse verwandelte, ja, später einmal soll sie sogar in einigen Häusern Gläser geschmolzen haben, die in einer Höhe standen, welche die Feuerfluth gar nicht erreichte. Diese letztere Thatsache erweist auf das Bestimmteste den außerordentlich hohen Hitzegrad der Lava, um so mehr, als sie an den Stellen, wo sie diese Wirkungen hervorbrachte, schon eine Meile weit von ihrem Ausbruchsorte entfernt war. Besonders merkwürdig sind in dieser Beziehung die Beobachtungen, welche man über die Einwirkung der Lava von 1794 gemacht hat, als man nach der Zerstörung von Torre del Greco den festen Lavengrund wieder aufbrach, theils um Kostbarkeiten zu retten, theils um die Fundamente zu der neuen Stadt aufzuführen, welche die sorglosen Einwohner schon nach einem Jahre auf der alten Stelle wieder erbauten.

Man fand dabei, daß Kalksteinstücke, welche von der Lava umschlossen worden waren, ihre Kohlensäure nicht verloren hatten, also nicht gebrannt waren, sich dagegen in eine feinkörnige, bröckliche Masse verwandelt hatten, manchen schlechten Marmorarten ähnlich. Feuersteine waren rissig geworden und an den Kanten angeschmolzen, und das Glas der Fensterscheiben hatte sich in eine milchicht-durchscheinende, steinige oder porzellanartige Masse verwandelt. Geschmiedetes Eisen hatte sich aufgebläht, war blättrig und spröde geworden, wie es zu werden pflegt, wenn es zu lange Zeit der Hitze des Hohofens ausgesetzt und in vollem Fluß erhalten wird. Zuweilen fand man auch die Oberfläche vererzt und in den magnetischen Eisenstein verwandelt. Ebenso waren Kupfermünzen in rothes Kupfererz verwandelt; Goldmünzen hatten ihren Kupfergehalt auf der Oberfläche ausgesondert und Messing, so wie Glockenmetall, waren geschmolzen, aber dabei in ihre Hauptbestandtheile Zink und Kupfer zerlegt worden. Wir dürfen daher wohl glauben, daß die Hitze, welche die Vulkane zu erzeugen im Stande sind, viel größer ist, als nöthig wäre, um die Steinmasse der Laven zu schmelzen, und daß sie mithin Alles übertrifft, was wir von künstlicher Hitze in größerem Maaßstabe hervorzubringen im Stande sind.

Ein anderer Umstand, welcher dazu beiträgt eine Vorstellung von der hohen Hitze der Lava zu geben, ist ihre langsame Erkaltung. Daß die Lava auf ihrer Oberfläche verhältnißmäßig schnell erkaltet, liegt wahrscheinlich mit in dem Entweichen von Dämpfen aus derselben. Diese schnelle Erkaltung macht es möglich, einen Lavenstrom noch während er im Fluß ist zu überschreiten; eine oft ausgesprochene und oft bezweifelte Behauptung. Indessen haben wir von dem bekannten und eifrigen Beobachter des Vesuvs Sir William Hamilton hierüber ein unzweifelhaftes Zeugniß. Bei der Eruption von 1779 hatte er sich dem Lavenstrome sehr genähert, als sich plötzlich der Wind drehte und ihm die unerträglichste Hitze und den erstickenden Dampf in's Gesicht wehte. An ein Zurückweichen war, der Localität wegen, kaum zu denken, und es zeigte daher der Führer, daß es nicht schwer sei über den Strom selbst zu wandern. Er war etwa 60 Schritt breit und kaum 1000 Schritt von seinem Ausbruchsorte entfernt. Man ging hinüber ohne mehr als eine sehr empfindliche Hitze an den Füßen zu fühlen und ohne Einsenkungen zu veranlassen, auch gleitete der Strom so langsam fort, daß man nicht zu befürchten brauchte, auf seinen Schlackenschollen aus dem Gleichgewicht zu kommen. Hamilton empfiehlt daher dieses Mittel als eine Zuflucht in der Noth, wenn man sich etwa unerwartet auf einer Insel abgeschnitten zwischen zwei Armen eines Stromes befinden sollte. Unter ganz ähnlichen Verhältnissen überschritt auch 1818 Clarke einen Lavenstrom des Vesuvs, jedoch noch näher an seiner Mündung, wo sich freilich einer seiner Führer bedeutend verbrannte.

Da indeß die, an ihrer Oberfläche schnell erkaltende Lava, Schlackenkrusten bildet, welche überaus schlechte Wärmeleiter sind, so können diese daher dem Innern der Masse des Stromes, den sie bedecken, nur sehr langsam die Wärme entziehen und ihn erstarren machen. Eben so wenig erfolgt die Ableitung der Wärme schnell durch Entziehung gegen den Boden hin, da auch dieser, wie wir oben schon gesehen, sich ebenfalls mit einer Schlackenlage bedeckt. Nichts desto weniger gehört aber doch ein sehr bedeutender Hitzegrad dazu, um die Wärme im Innern des Stromes Monate selbst Jahre lang in solchem Maaße zu-

rückzuhalten, daß er fortwährend glühend, oder gar flüssig bleibt. Doch erzählt Spallanzani vom Aetna, daß, als er 1788 den Gipfel bestieg, er am Fuße des Kegels einen Lavenstrom überschritt, welcher schon seit 11 Monaten zu fließen aufgehört hatte, und doch noch beständig rauchte. Er sah Risse darin, aus welchen selbst am hellen Tage die rothe Gluth hervorschien, und als er einen Stock hineinsteckte, begann dieser sogleich in helle Flammen auszubrechen. Hamilton warf in die Spalte eines vesuvischen Lavenstroms, drei Jahre nach seinem Ausbruche, einige Stücke Holz, die sich sogleich entflammten, und Hoffmann beobachtete im Jahre 18[illegible]0, daß der Lavenstrom des Aetna von 1787 noch an mehreren Stellen heiße Dämpfe ausströmen ließ. Also 43 Jahre nach seinem Ausbruch; obgleich der Strom in der kalten Region des Berges über ein weites Schneefeld geflossen, daß er nicht völlig zu schmelzen vermogte, so daß es unter ihm zu einer festen Eismasse wurde, welche man noch 1828 auf viele hundert Fuß weit unter ihm nachgewiesen hat.

Wir haben oben erwähnt, daß ein dicker, weißer Dampfstreifen, welcher sich über dem Abhang des Berges herabzieht, den Lauf eines Lavenstroms während des Tages kenntlich macht, wo man die Gluth der Masse nicht bemerkt. Diese scheinbar feststehende Wolke schwebt zuerst in einigen hundert Fuß Höhe über dem Strome, senkt sich aber bei seinem Erkalten allmälig auf ihn herab und zertheilt sich zuletzt in einzelne Fumarolen, welche ab und zu aus den tieferen Spalten der Lava hervordringen. Wie lange dergleichen Dampfentwickelungen fortdauern können, haben wir so eben gesehen. Sie bestehen wesentlich aus denselben Dämpfen und Gasen, welche den Vulkanen selbst entsteigen, und es ist wiederum vorwaltend Wasserdampf, den sie enthalten. Vor allen Dingen verdient hier beachtet zu werden, daß wir eine hochglühende, feuerflüssige Materie vor uns haben, welche langsam und allmälig Wasserdämpfe ausstößt. Aehnlich wie sich Luft und Kohlensäure nur langsam und allmälig aus dem Wasser unserer Quellen scheiden, obgleich die Temperatur, bei der sie flüssig werden, tief unter der des Wassers liegt, so scheidet sich das luftförmige Wasser auch nur langsam aus der Flüssigkeit der Lava, in

der es unter hohem Druck sich aufgelöst und gleichmäßig vertheilt hatte.

Neben dem Wasserdampf tritt zumeist Salzsäure auf, so wie Kochsalz, Salmiak, Chloreisen und Chlorkupfer. Seltener Schwefel oder dessen Säuren und schwefelsaure Salze. Es scheint, daß Kochsalz, welches wohl aus dem Meerwasser in die Vulkane gelangen mag, zu der Entwickelung von Salzsäure und von Chlor-Verbindungen Anlaß giebt, und diese Substanz sehen wir auch sehr häufig sich auf den Lavenspalten sublimiren. Nächstdem ist Salmiak oft in großer Menge auf ihnen anzutreffen. Am Aetna ist er oft in solcher Menge vorgekommen, daß es sich verlohnt ihn einzusammeln und in den Handel zu bringen; und auch vom Vesuv berichtet Buch, daß sich der Strom von 1805 in wenig Stunden mit einer dicken weißen Rinde von Salmiak bedeckt habe. Das Vorkommen dieser Substanz hat ein besonderes Interesse, weil man nicht annehmen kann, daß der Stickstoff, welchen sie enthält aus dem Vulkane stamme. Man hat nun einerseits die Bildung von Ammoniak aus seinen Elementen in der Lava selbst annehmen wollen, andererseits dessen Bildung durch die Verkohlung von Thier- und Pflanzenstoffen unterhalb des Lavenstromes erklärt. In letzterem Falle sieht man gar nicht ein, weshalb das Ammoniak sich in die heiße Lava ziehen sollte, da es doch seitlich in die Luft entweichen könnte. Endlich bleibt noch die Möglichkeit, daß die salzsauren Dämpfe das Ammoniak der Luft an sich gezogen hätten, wie das salzsaure Dämpfe immer thun, und daß auf diese Weise der Salmiak sich bilde; doch wollen alle drei Erklärungen noch nicht genügen.

Wenn die Lava erkaltet, so erscheint sie als eine harte klingende Masse, deren Inneres von oben niederwärts mit Blasen und Höhlungen erfüllt ist. Die Oberfläche besonders ist voll großer, unregelmäßiger Blasen, die eine grobe, löcherige Schlacke aus ihr machen. Tiefer hinein werden die Blasen immer kleiner und zugleich immer vereinzelter, bis sie endlich im Innern der Lava gänzlich fehlen. In Folge dessen hat man das Innere der Lavenströme für compact gehalten, was es jedoch nicht ist. Ganz kleine unregelmäßige Höhlungen, die oft nur mit der Loupe wahrzunehmen sind, durchziehen es, und ich habe bis-

her noch keine Lavamasse gesehen, der diese Eigenthümlichkeit gemangelt hätte. Die Ursache davon ist unschwer einzusehen. Wenn die Lava den im Innern des Vulkans verschluckten Wasserdampf nur äußerst langsam wieder von sich giebt, so muß sie davon auch noch in dem Augenblick enthalten, wo ihre flüssigen Theile in den festen Zustand übergehen; da aber die Substanzen, die aus ihr krystallisiren, Wasser aufzunehmen nicht vermögen, so verhält sich dieses, in Dampfgestalt, zwischen den auskrystallisirten kleinen Körnern ihrer Masse. Wenn diese kleinen Zwischenräume sich nun nur sehr langsam bilden und mit einander nicht unmittelbar communiciren, so entweicht aus ihnen auch nur sehr langsam und auf Umwegen der eingeschlossene Wasserdampf, und daher können Lavenströme lange Zeit nachdem sie fest geworden sind, doch noch die Fumarolen-Bildung zeigen.

Sind Blasen im Gestein enthalten, so ist ihre Form nur selten regelmäßig. Denn da der Strom sich fortbewegt, während die Blasen in ihm aufsteigen, so verwandelt sich ihre birnförmige Gestalt in eine mehr oder weniger unregelmäßig langgezogene. Die Blase drückt sich dabei seitlich platt und ihre untere Spitze verwandelt sich in eine Schneide. Dabei befindet sich dann stets die Längenaxe dieser Blasenräume in der Richtung, in welcher sich der Strom bewegt. Dabei ist zugleich die stärkste Wölbung auf der obern Seite nach vorn gerichtet, und nach diesen Eigenthümlichkeiten vermögen wir durch die Gestalt der Blasenräume die Richtung eines Lavenstromes zu ermitteln, der uns vielleicht nur in Bruchstücken seiner ganzen Masse zu Gesichte kommt. Diese Folgerungen werden ganz besonders wichtig, wo wir es mit Gesteinen zu thun haben, welche nicht mehr den jetzigen Vulkanen angehören, und wo wir sonst keinen Anhalt haben würden, eine Bewegung in bestimmter Richtung anzunehmen.

Was endlich den Gesteins-Charakter anbetrifft, welchen die Lavenmassen zeigen, so ist derselbe, wenn wir uns in's Einzelne vertiefen, von großer Mannigfaltigkeit, indessen treten bei näherer Betrachtung doch alsbald zwei sehr verschiedene Gruppen deutlicher hervor, die sich als steinartige und glasartige bestimmter unterscheiden lassen. Die erstere besitzt ganz die Zu-

sammensetzungsweise und die allgemeinen Eigenschaften unserer gewöhnlichen Steinarten: sie ist hart, ohne besondere Sprödigkeit, frisch angebrochen dabei im Ganzen matt, und entweder deutlich körnig, oder dicht, fast erdig, ganz nach der Art der bei uns herrschenden Gebirgsarten. Die letztere dagegen ist in ihren Eigenthümlichkeiten ganz unsern künstlich dargestellten Glasarten ähnlich: sie hat lebhaften Schimmer oder Glanz, große Sprödigkeit, Scharfkantigkeit der Bruchstücke und das gleichförmig dichte, gallertartige Gefüge, welches die Glasarten auszeichnet.

Die steinartige Lava besteht in ihrem vollkommen entwikkelten Zustande, so viel wir bis jetzt wissen, niemals aus einer einfachen Mineralgattung, sondern sie ist vielmehr aus Krystalltheilchen verschiedener Mineralien zusammengesetzt, welche so mit einander verbunden sind, daß sie sich gegenseitig in ihrer krystallinischen Ausbildung gehemmt haben und daher als vollkommen gleichzeitig gebildet angesehen werden müssen. Findet in diesem Verhältnisse der Mineralien gegen einander in großen Massen der Lava ein völliges Gleichgewicht statt, ist kein Bestandtheil vor dem andern in seiner Größen-Ausbildung vorangeschritten, so entsteht dadurch eine eigenthümlich gleichkörnige Structur, welche wir, da der Granit sie sehr vollkommen darzustellen pflegt, als ein granitisch-körniges Gefüge bezeichnen können.

Zuweilen werden jedoch einige Bestandtheile in ihren Körnern klein, indessen andere sich verhältnißmäßig großartig ausbilden, so daß in einer feinen, körnigen oder dicht scheinenden Grundmasse größere vereinzelte Krystalle inneliegen, und solch' eine Structur bezeichnen wir sodann als porphyrartiges Gefüge. Es kommt jedoch der Fall auch vor, daß sämmtliche die Lava zusammensetzenden Krystallkörner gleichzeitig so klein werden, daß man sie kaum mit bloßem Auge noch unterscheiden kann, und dann entsteht, was wir ein dichtes oder scheinbar dichtes Gefüge der Lava nennen. Mitunter gehen diese Massen durch beginnende Verwitterung in scheinbar erdiges Gefüge über, doch ist das kein ursprünglicher Zustand bei der Lava, sondern ein später angenommener.

Nachdem wir diese Unterschiede in Bezug auf das Gefüge

angeführt, müssen wir aber auch die Laven in Bezug auf ihre mineralische Zusammensetzung näher unterscheiden. Wir sahen nämlich, daß, trotz einer großen Mannigfaltigkeit von Mineralsubstanzen, die in vulkanischen Gesteinen vorkommen, doch einzelne Bestandtheile als vorherrschende erscheinen, während die übrigen nur untergeordnet oder zufällig an ihrer Seite aufzutreten pflegen. Von jenen ist daher vorwaltend der Charakter des Gesteins abhängig und wir thun wohl sie als charakterisirende Mineralien zu bezeichnen. Sie sind nur zwei, die, je nach ihrem reichlichen Auftreten, den Gesteinen einen ganz verschiedenen Charakter geben, nämlich Feldspath und Augit. Man kann nach ihnen die Laven füglich in zwei Hauptklassen sondern, da sie einander auszuschließen pflegen, und kann daher im Allgemeinen unterscheiden: Feldspath-Laven und Augit-Laven.

Die Feldspath-Laven sind meist deutlich körnig, dabei durch hellere, weißliche, weißlich- oder gelblich-graue, seltener röthliche oder schwarze Färbung ausgezeichnet. Sie sind nicht schwer (von 2,4 bis 2,5 etwa specifischem Gewichte) und gar nicht, oder nur sehr schwach magnetisch. Zumeist sind sie granitisch-körnig, mitunter porphyrartig, mitunter auch fast dicht. Ihr Gestein hat den Namen Trachyt erhalten, doch ist es auch mit den Namen Trapp-Porphyr, Domit und Andesit bezeichnet worden. Es besteht der Hauptmasse nach aus Feldspath, in jenen beiden Arten, die man glasigen Feldspath oder Sanidin und Oligoklas nennt, zwischen deren Körnern und Krystallen kleine Glimmerblättchen, so wie Nadeln von Hornblende nicht selten vorzukommen pflegen. Mitunter findet sich in kleineren Mengen Augit, Titanit, so wie auf Klüften und in Höhlungen Quarz, Eisenglanz und kohlensaurer Kalk ausgeschieden.

Dieses eigenthümliche Gestein, dieser Granit neuerer Vulkane, ist übrigens nicht nur seines so häufigen Wiedervorkommens wegen merkwürdig, sondern noch mehr dadurch, daß es in den meisten Fällen die Grundlage und den Kern der vulkanischen Districte bildet. Im Innern aller größeren Vulkane, wenn uns dasselbe hinreichend aufgeschlossen worden ist, stoßen wir immer wieder auf Trachyt, wenngleich auch ihre neuesten äußerlich verbreiteten Producte denselben nicht enthalten. So

hat z. B. der Vesuv in den neueren Zeiten seiner Thätigkeit niemals Trachyt in Lavenströmen ausgestoßen, und doch finden wir denselben in den Auswürflingen, welche Pompeji und Herculaneum verschüttet haben. Dagegen haben die Vulkane der phlegräischen Felder und die Insel Ischia nur trachytische Gesteine ausgestoßen, und auch aus dem innersten Kerne des Aetna, wo er im Val del Bove aufgeschlossen ist, ragen mächtige Trachytmassen hervor, so wie die ältesten Laven dieses Berges nur das Gepräge derselben Felsart an sich tragen. In gleicher Weise enthält auch der Kern der Liparischen Inseln nur Trachyt und die erloschenen Vulkane der Auvergne, so wie die Riesenkegel in den Anden und die Glockenberge von Island, wie die Piks von Java und Kamtschatka bestehen aus Trachyt. Nach diesem merkwürdigen Hauptgesteine ist man nun gewöhnt alle feldspathreichen Laven, besonders wenn sie körnig, mit der Benennung Trachyt-Laven zu belegen.

Die Augit-Laven dagegen, welche in ihrer Mischung Augitsubstanz, wenn nicht vorwaltend, so doch in ansehnlicher Menge enthalten, zeichnen sich im Allgemeinen vor den Feldspath-Laven durch ihre dunkle, dem Schwarz mehr oder minder genäherte Färbung aus. Sie haben ein bedeutend höheres specifisches Gewicht (3,0—3,25) und enthalten in der Regel nicht unbedeutende Mengen von Magnet- und Titan-Eisenerz, so daß sie stets sehr bemerklich auf die Magnetnadel einwirken. Wie für die vorigen Laven der Trachyt das Gestein war, aus dem sie stets hervorgegangen sind, so ist es für diese der Basalt und Dolerit. Wiewohl diese Gebirgsarten meist als ein dichtes oder ganz feinkörniges, schwarzes Gestein auftreten, so kann man doch an feingeschliffenen Platten oder kleinen Brocken, unter Vergrößerung, deutlich erkennen, daß sie ein granitisch-feinkörniges Gemenge sind, welches aus Krystallen eines feldspathartigen Gemengtheils, aus Körnern oder Krystallen vom Augit und aus ganz kleinen Körnchen von Eisenerz bestehen. Mit demselben Rechte, mit welchem man die Feldspath-Laven als trachytische bezeichnet, nennt man die Augit-Laven auch basaltische; und es ist eine bei manchen Vulkanen sehr deutlich sichtbare Erscheinung, daß die älteren ihrer Laven mehr trachytischer, die neueren mehr basaltischer Natur sind.

Unter den zahlreichen Abänderungen basaltischer Laven verdient übrigens eine hier besonders genannt zu werden, obgleich sie bis jetzt zwar noch nicht von vielen Orten, aber von einigen in großartigen Vorkommnissen bekannt geworden ist. Es ist die Leucit-Lava. Am Laacher-See, nicht weit von Coblenz, am Kaiserstuhl im Breisgau, im Kirchenstaate an sehr vielen Punkten, an der Rocca Monfina und am Vesuv tritt eine eigenthümliche basaltartige Gebirgsart auf, welche man mit dem Namen Leucitophyr belegt hat. Aus diesem Material bestehen daher viele Laven jener Localitäten und am Vesuv besonders besteht die Mehrzahl seiner Ströme aus diesem umgeschmolzenen Gestein. Die Lava ist stets ausgezeichnet durch ihr porphyrartiges Gefüge; in einer grauen, mit kleinen Körnern von Augit ganz durchmengten Grundmasse liegen zahllose, fast kugelrunde Körner eines weißen oder weißlichen Minerals, das man Leucit nennt, und kennzeichnen durch ihre ungewöhnliche Gestalt die Lavenart vor allen andern. Zumeist sind die Krystalle erbsengroß, mitunter werden sie so groß, wie kleine Aepfel.

Die glasartigen Laven, die man auch vulkanische Gläser genannt hat, erfordern keine so eingehende Erörterung. Aeußerlich unterscheiden sie sich auf keine Weise von den Producten unserer Glas- und Schmelzöfen. Die sogenannten Schlacken, welche bei der Ausschmelzung der Erze in großen Massen abgezogen werden, sind daher nur in der Zusammensetzung ihrer Masse oder im Grade der Verglasung von den vulkanischen Glasmassen abweichend. Das vollkommenste aller vulkanischen Gläser nennt man Obsidian. Es ist schwarz oder schwärzlichgrün und braun, sehr lebhaft glasglänzend, meist undurchsichtig, doch mitunter auch sehr klar, sehr spröde und in so scharfe, dünne Bruchstücke zerspringend, daß sich die alten Mexicaner Rasirmesser aus ihm zu spalten verstanden. Es findet sich nur an Vulkanen, welche reine Feldspathlaven ausstoßen oder ausgestoßen haben, daher nicht am Vesuv und nicht am Aetna, wohl aber auf Volcano und Lipari, am Pic von Teneriffa und auf Island, in Mexico und auf Kamtschatka u. s. w.

Mit diesen Gläsern eng verbunden ist der Bimstein. Man kann Stücke finden, welche theils Obsidian, theils voll-

kommener Bimstein sind. Und er ist in der That, wie auch von allen Beobachtern bemerkt wird, nichts Anderes, als ein durch sehr starke Gas-Entwickelung, welche während seiner Schmelzung in ihm vorging, schaumig gewordenes Glas. Seine bekanntlich bis zum Schwimmen auf Wasser gesteigerte Leichtigkeit rührt eben nur von zahllosen feinen Luftblasen her, und die lichtgraue Farbe nur von der außerordentlichen Dünnheit und Durchscheinheit der Wände zwischen diesen Bläschen. Es ist daher ganz leicht, den Bimstein durch Zusammenschmelzen in ein dichtes, dunkles, dem Obsidian ganz gleiches Glas umzuwandeln, und er findet sich daher auch stets nur da, wo Obsidian gebildet worden ist. Auch er fehlt daher ganz bei den basaltischen Vulkanen.

Außer der Zusammensetzung der Laven haben wir nun auch noch die Zusammensetzung derjenigen Massen zu erörtern, welche von den Vulkanen aus den Kratern aufgeschleudert, entweder dicht bei diesen wieder niederfallen oder sich weiter über die Umgebungen verbreiten. Sie trennen sich, doch ohne scharfe Grenze, in Auswürflinge und in Aschen. Bei Weitem der größte Theil der Auswürflinge besteht aus Schlacken oder aus losgerissenen Massen der flüssigen Lava, die schon im Innern des Berges aufsiedet. Sie werden häufig völlig geschmolzen in die Höhe geworfen und ballen sich dann in der Luft zu mehr oder minder kugelähnlichen Gestalten, die beim Fallen am untern Ende zugerundet, am obern aber lang gezogen werden und dadurch eine birnförmige Gestalt annehmen. Man nennt sie am Vesuv gewöhnlich vulkanische Bomben oder Thränen. Sie sind beim Niederfallen sehr oft noch so weich, daß sie sich platt drücken oder Eindrücke von der Bodenfläche annehmen; auch ist es ganz bekannt, daß man Münzen und andere feuerfeste Gegenstände in sie einzudrücken pflegt, um solche dann an Reisende als Merkwürdigkeiten zu verkaufen. Jetzt pflegt man am Vesuv sie häufig zwischen Eisenplatten einzupressen, auf denen Jahreszahl und Ort zu lesen ist, so daß sie handgroße, flache Tafeln bilden, die gleichsam zu Visitenkarten von dem Berge werden.

Die Größe dieser Bomben ist gewöhnlich nur gering, und zwar besonders je regelmäßiger sie gebildet erscheinen, meist nuß-

groß bis faustgroß, doch zuweilen haben sie am Vesuv auch einen Durchmesser von mehr als einem Fuß und mögen dann auch mitunter 50 bis 60 Pfund wiegen. Sie fliegen stets mit einem pfeifenden Geräusch an dem Beobachter vorüber und zerspringen oft mit Heftigkeit beim Niederfallen, wenn sie in der Luft bereits hinlänglich erkaltet waren. Sind diese ausgeworfenen Schlacken übrigens nicht mehr so flüssig, daß sie frei in der Luft schwebend zur Tropfenform gelangen, sondern nur noch zähe und etwas weich durch die Hitze, so werden sie durch den Widerstand der Luft und durch die Dämpfe, welche aus ihnen selbst beim Erkalten entweichen, nur aufgebläht und verzerrt, und indem sie noch durch die Luft fliegen, zerreißen und verschieben sie sich und nehmen allerlei wunderliche Formen an. Sie sehen oft aus wie gedrehte Taue, wie Baumstämme, Eiszapfen und dergleichen mehr, und so sieht man sie häufig auf der Oberfläche der Vulkane rings um die Ausbruchs-Oeffnungen umher gestreut.

Diejenigen Schlackenstücke, welche verhärtet in den Krater wieder zurückfallen, werden wohl oft noch ehe sie den Boden erreichen von den ihnen entgegenkommenden Stößen hervorschießender Schlackenmassen auf's Neue in die Höhe gerissen. Hin und her gestoßen müssen sie sich an einander abreiben, zerbrechen und zu kleinen, eckigen Schlackenstückchen zerspringen, welche die Vulkane in diesem Zustande in ungeheurer Menge auswerfen und die man nach einer in der Gegend von Neapel üblichen Benennung mit dem, auch in der Wissenschaft eingeführten Namen Lapilli oder Rapilli zu belegen pflegt. Aus diesem gröblich zerkleinerten Zustande in den einer staubartigen Zermalmung übergehend, erzeugt sich der Sand oder die sogenannte Asche, deren so häufig schon Erwähnung geschah und von welcher in der That dies der wahre Begriff ist.

Man pflegt gewöhnlich bei den Vulkanen den Sand von der Asche zu unterscheiden, und begreift unter dem ersteren Namen dann eine Anhäufung von größeren schwereren Körnern, welche aus Brocken und Bruchstücken von kleinen Krystallen aus der Lavamasse bestehen. Die Asche dagegen ist aus feineren, oft mit dem bloßem Auge kaum noch erkennbaren kleinen Theilchen oder Stäubchen zusammengesetzt und ihrer feineren Zertheilung

wegen stets von lichteren Farben. Bräunlichgrau, röthlich oder weißlichgrau ist sie zumeist. Sie gleicht äußerlich allerdings gar sehr der Holzasche, sie besteht aber, wie mikroskopische Untersuchungen das auf das Bestimmteste dargethan haben, nur aus den, auf das Feinste zerkleinerten Mineralien, welche auch die Laven bilden. Wenn sich übrigens diese Asche bei Eruptionen in so unermeßlicher Menge einstellt, daß sie mehrere Tage lang ununterbrochen aus dem Krater hervorschießt, und die Atmosphäre in den Umgebungen des Berges weithin zu verdunkeln im Stande ist, so hat man wohl mit Recht gezweifelt, daß diese Asche nur durch die Zerkleinerung beim Abreiben der Auswürflinge erzeugt werde. In diesen Fällen ist die Asche gewiß dadurch entstanden, daß eine in flüssiger Form befindliche Lava im Innern des Gebirges anhaltend von einer lebhaften Gas- oder Dampf-Entwickelung durchströmt und dadurch schnell in einen Schaum verwandelt wurde, welcher bei seinem weiteren Hervordringen zerstiebend sich verbreitete. Daß solche Schaumbildungen wirklich vor sich gehen, das haben wir bereits am Bimstein gesehen. So wie die Laven, so zerfallen auch die Aschen in trachytische und in basaltische, und wie die ersteren Gesteine hell und leicht, die letzteren dagegen dunkeler und schwerer sind, so gilt dasselbe auch für ihre Aschen.

Neunundzwanzigster Brief.

Ausbruch des Vesuv vom Jahre 1794.

Sie sehen mich, verehrter Leser, in Verlegenheit, indem ich im Begriff bin, Ihnen die Schilderung eines vulkanischen Ausbruches in seiner Ganzheit vorzuführen. Mit eigenen Augen habe ich einen solchen nicht gesehen. Nun besitzen wir aber eine Darstellung von solch' einer gewaltigen Naturerscheinung durch die Meisterhand unseres verstorbenen Heroen auf diesem Felde, durch Leopold v. Buch. Sollte ich diese, in Inhalt und Form gleich ausgezeichnete Darstellung in meine

Worte übersetzen? Sollte ich da fortlassen oder zusetzen? Ich konnte das nicht, und gebe sie Ihnen daher unverändert.

„Unter den vielen Ausbrüchen des Vesuv sind doch nur zwei bekannt, denen die Eruption von 1794 an furchtbarer Größe weicht. Durch die erstere von diesen ward das reiche Herculaneum und die Seestadt Pompeji zerstört und dem Meere neue Grenzen bestimmt. — Die zweite, im Jahre 1631, stürzte fast unzählbare Feuerströme über die in Menge um den Fuß des Vulkans gelagerten Orte. Alle fruchtbaren Pflanzungen wurden gänzlich zerstört und fast die Hälfte der Einwohner verlor in den Flammen das Leben.

Beide erschienen, als bei den anwohnenden Menschen jede Ueberlieferungsspur von dem im Innern des Berges verborgenen Zerstörungsquell durch die Länge der Zeit fast völlig verwischt war. — Aber in neueren Zeiten hatte der Vulkan fast jährlich neue und große Phänomene gezeigt, und es lebte in der Gegend fast niemand, der nicht die Verwüstungen mehrerer Ausbrüche selbst empfunden oder beobachtet hätte. —

Und doch konnte eine zweijährige Ruhe des Berges, in der sein Gipfel auch nicht einmal dampfte, die Einwohner in so große Sorglosigkeit stürzen, daß sie den Vesuv auch dann noch gänzlich vergaßen, als sie am 12. Junius um 11½ Uhr in der Nacht plötzlich ein heftiges Erdbeben aufschreckte.

Der Boden in der ganzen Ebene Campaniens schwankte, von Morgen nach Abend wie flüssige Wellen. — Die Neapolitaner stürzten aus den Häusern auf die großen Plätze des Palazzo reale, del mercato, delle pigne. Sie glaubten im nächsten Augenblicke ihre Häuser zu Boden geworfen, und angstvoll erwarteten sie im Freien den Morgen, Calabriens Schicksal befürchtend.

Als ihnen aber die Sonne hell aufging und sie den Vulkan in der gewohnten Ruhe erblickten, glaubten sie den Ruin der südlichen Provinzen des Reichs befürchten zu müssen, und leiteten von dorther die Erscheinung der vorigen Nacht. —

Aber — nicht lange währte ihr Irrthum. —

Drei Tage darauf, am 15. Junius um 11 Uhr in der Nacht, erbebte die Erde von Neuem. Es war nicht mehr ein wellenförmiges Schwanken wie vorher; — es war ein unregelmäßiger Stoß, der die Gebäude zerriß, die Fenster klirrend er-

schütterte und gewaltsam die inneren Geräthschaften durch einander stürzte. Und sogleich erhellten rothe Flammen und leuchtende Dämpfe den Himmel. — —

Der Vesuv war am Fuße des Kegels geborsten, und von den Dächern der Häuser sahe man aus mehreren Oeffnungen die Lava hoch in parabolischen Bögen hervorspringen. Fortdauernd hörte man einen dumpfen, aber heftigen Lärm, wie den Katarakt eines Flusses in eine tiefe Höhle hinab; — unaufhörlich schwankte der Berg und eine Viertelstunde darauf hörte auch in der Stadt nicht mehr die Erschütterung auf. — Mit solcher Wuth hatte man noch nie die Lava hervorbrechen sehen. — Das reizbare Volk, das sich nicht mehr auf sicherem Boden, die Luft in Flammen und voll unerhörter schrecklicher Töne, erblickte, stürzte, von Furcht und Schrecken ergriffen, zu den Füßen der Heiligen in Kapellen und Kirchen, griff nach Kreuzen und Bildern, und durchzog heulend die Straßen in wilder Verwirrung.

Der Berg achtete ihres Angstgeschreies nicht; es sprangen immer neue Oeffnungen auf, und mit gleichem Lärm und Gewalt stürzte daraus die Lava hervor. Rauch, Flamme und Dampf erhoben sich zu ungeheuren Höhen jenseits der Wolken und verbreiteten sich dann auf den Seiten in Form einer unermeßlichen Pinie (wie zu Plinius Zeiten). —

Nach Mitternacht verlor sich dieses ununterbrochene, fürchterlich-dumpfe Getöse; mit ihm die stete Erschütterung und das Schwanken des Berges. Die Lava brach jetzt stoßweise aus den Oeffnungen hervor, aber in schnell hinter einander sich folgenden Stößen mit donnerähnlichem Knall. Die so gewaltsam und tobend hervorstoßenden elastischen Mächte schleuderten unzählbare große Felsstücke zu erstaunlicher Höhe hinauf in die Luft, und neue Flammen mit schwarzen Rauchwolken folgten diesen zertrümmerten Felsen.

Nach und nach folgten die Stöße seltener hinter einander; — aber ihre Kraft verdoppelte sich und zuletzt schien der ganze Berg nur eine Batterie zu gleicher Zeit abgefeuerter Artilleriestücke zu sein. — Und während diesem gewaltsamen Donnern, schon nach Mitternacht, sah man auch die jenseits dem Vulkan liegende Atmosphäre erleuchtet. Die Lava, ungeachtet der Verwüstungen auf dieser Seite des Berges, sprengte auch den jen-

seitigen Abhang noch tiefer am Kegel herab und weiter vom Gipfel, und stürzte mit Gewalt aus der Oeffnung in eine weite Schlucht, welche schon ältere Laven verwüstet hatten, gegen Mauro hinab. — Sie wüthete in den Waldungen am Ausgange des Thales, verbreitete sich auf der weniger sich neigenden Fläche, fing dann langsamer zu fließen an, und nach drei Tagen erstarrte sie gänzlich, ohne Wohnungen erreichen zu können. —

Nicht so die donnernde Lava gegen Neapel. — Sie stürzte mächtig und schnell vom Abhang herab. Jede Explosion aus den Krateren drängte eine neue Masse von Lava herauf, die, sich dem Strom zuwerfend, ihm neue Kraft und Stärke zu geben schien. — Die Hälfte der Einwohner von Resina, Portici, Torre del Greco starrte mit fürchterlich-ängstlicher Erwartung auf jede kleine Bewegung des Feuerstroms, dessen Richtung bald diesen, bald jenen Ort zu bedrohen schien. Die andere Hälfte lag hingeworfen vor den Altären sich Rettung vor der schrecklichen Lava zu erflehen. — Plötzlich richtete die ganze Masse ihren Lauf genau auf Resina und Portici zu. — Alles Lebendige in Torre del Greco stürzte in die Kirchen, dem Himmel für die geträumte Rettung zu danken; in ihrer unmäßigen Freude vergaßen sie den dann nothwendigen Untergang ihrer Nachbarn. — Aber, ein tiefer Graben stellt sich dem Lauf der Lava entgegen, sie folgt seiner Richtung — und er öffnet sich auf der Höhe über das unglückliche, sich gerettet glaubende Torre del Greco. — Mit neuer Wuth fällt der Strom den steileren Abhang hinab. Er trennt sich nicht mehr und mit zweitausend Fuß Breite erreicht er die blühende Stadt. — Im nächsten Augenblick suchen 18000 Menschen Schutz auf dem Meere. —

Noch ehe sie das Ufer verlassen, sehen sie über den eingestürzten Dächern der Häuser, aus der Mitte der Lava hervor, sich dicke, schwarze Rauchsäulen erheben und große Flammen wie Blitze. Paläste und Kirchen stürzen krachend zusammen, und fürchterlich donnert dazwischen der Berg. —

Um eilf Uhr in der Nacht brach die Lava aus dem Innern hervor, und schon um fünf Uhr des Morgens war Torre del Greco nicht mehr. — In sechs Stunden hatte die glühende Masse vier italienische Meilen durchlaufen: eine noch nie erhörte Geschwindigkeit in der Geschichte des Berges. — Das

große Meer selbst vermogte es kaum der Lava Grenzen zu setzen. Mächtig wälzte sich der obere Theil, indem der untere im Wasser erstarrte, über den erkalteten weg. Weit umher siedete das Wasser und gekochte Fische in unzähliger Menge bedeckten die Fläche. — —

Mitten unter diesen Verwüstungen brach der neue Tag an. Man sahe die aus den Kratern sich hebenden Flammen nicht mehr; — aber auch den Berg nicht. Eine schwarze, fest scheinende Wolke lagerte sich um ihn herum und verbreitete sich nach und nach wie ein finsterer Flor über den Golf und das Meer. — Unaufhörlich fiel in Neapel und in der Gegend ein feiner Aschenregen hinab, und bedeckte alle Pflanzen und Bäume, alle Häuser und Straßen. — Die Sonne erhob sich strahlenlos und ohne Glanz, und kaum war die Helle des Tages dem schwachen Lichte der Morgenröthe vergleichbar. Ein unbedeckter lichter Streif am äußersten westlichen Horizont ließ doppelt die Menschen empfinden, wie sie in Finsterniß eingehüllt waren. —

Diese fürchterlich-traurige Erscheinung vermogten die Neapolitaner nicht zu ertragen. Alle überfiel eine ängstlich-düstere Schwermuth, und in ununterbrochen fortgesetzten Processionen suchten sie den erzürnten Himmel zu besänftigen. Es war nicht mehr das leicht empfängliche Volk, das lärmend mit den Kreuzen die Straßen durchstürzte. Die vornehmsten Familien Neapels schlossen sich dem feierlich-langsamen Zuge der Processionen an, und folgten seufzend und still in langer Reihe dem Kreuze durch die Finsterniß nach. —

Man glaubte Alles, was die Asche berührte, mit einem tödtlichen Hauche bedeckt. — Der eingebildete Verlust der reichen Pflanzungen umher setzte die Menge in stumme Verzweiflung, und nur mit Mühe gelang es der Regierung, durch Bekanntmachung der unschädlichen Bestandtheile der Asche, diese Furcht zu zerstören. —

Diese Asche fiel um so stärker und häufiger, je mehr sie dem Berge sich näherte. — Als sie eine Linie hoch die Straßen von Neapel bedeckte, lagen fünf Linien in Portici, neun Linien in Resina und funfzehn Linien in der Nähe der Lava. In Neapel war es schwarzer, feiner Staub, näher dem Vulkan zu ein dunkler Sand, und auf dem Vesuv waren Rapilli, kleine Steintrümmer, gefallen. —

Die Lava selbst bewegte sich noch, aber langsam und nur am äußeren Ende bemerkbar. Eine harte erstarrte Rinde bedeckte den fließenden Strom, und die Oberfläche dieser glühenden Masse erkaltete so schnell, daß zwölf Stunden nach der Zerstörung der Stadt viele ihrer unglücklichen Bewohner es wagten, schnell gegen ihre zerstörten Wohnungen zu eilen, um der Lava das Wenige zu entreißen, was sie noch verschont haben konnte. Ja, man war sogar glücklich genug auf diesem Wege mehrere Personen zu retten, welche in einem Kloster verschlossen, die jenseits der Lava geretteten bis dahin vergebens um Hülfe angefleht hatten. — An vielen Orten war die Lava geborsten; aus dem Innern erhob sich ein heftiger, widriger kochsalzgesäuerter Dampf und man sah hellleuchtende Flammen zu beiden Seiten der Spalten. — Man hörte ein unaufhörliches entfernt scheinendes Donnern und schnelle Blitze im schwarzen, vom Berge sich herabwälzenden Regen erhellten die finstere Nacht. — Man sahe, daß diese gewaltige Masse aus dem großen Krater auf dem Gipfel des Berges hervor gewälzt ward. Man sahe, wie sich eine ungeheure dichte, rundgestaltete Wolke aus dem Innern erhob, wie sie sich aufzublähen schien, je höher sie stieg. Große, zu schwere Felsstücke fielen in fortgesetztem Regen senkrecht von ihren Rändern wieder in den Abgrund hinab. — Eine neue Wolke folgte der ersteren schnell mit gleicher Erscheinung und so unzählige über einander bis zu unabsehbaren Höhen. Ein großer, erhabener Anblick. Oft schien der ganze Berg mit einer Krone dieser zu eigenen Systemen geordneten Wolken bedeckt. Nach und nach lösten sie sich auf. Die größeren Stücke fielen senkrecht hinab und rollten am Abhang des Kegels herunter; die feinere Asche entführte der Wind und zerstreute sie über das Land. — —

Wenige Stunden darauf hatte die Asche wieder den ganzen Himmel bedeckt und Tag und Nacht waren, wie vorher, durch keine Grenzen von einander geschieden.

Man hatte am Tage einige schwache Erschütterungen bemerkt. — In der Nacht um zwei Uhr erschreckte ein neuer heftiger Stoß die, für kleine Phänomene durch das Furchtbare der vorigen Tage nicht mehr empfänglichen Menschen. Man empfand ihn vorzüglich in Portici, Resina und andern dem Berge

näher gelegenen Orten. — — Und bei dem Anbruch des weniger durch die Asche verhüllten Tages sahe man mit Erstaunen, daß der Gipfel des Vulkans eingestürzt war. Statt der vorigen Spitze sahe man ihn schief abgestumpft gegen das Meer. — Die unaufhörlichen inneren Aschenausbrüche hatten so sehr das Innere des Berges erschöpft, daß er den Gipfel nicht mehr zu unterstützen vermogte. Die ganze Masse fiel im Krater zusammen. — Aber diese imposante Erscheinung beendigte den finstern Aschenregen nicht. Wenn auch in Neapel und Portici und der nahen Gegend umher weniger Asche hinabfiel, als an den vorigen Tagen, und das matte röthliche Bild der Sonne mehrere Stunden lang sich durch den Staub in der Luft zeigte; so litten dagegen doppelt die Orte ostwärts des Berges. Ein heftiger Westwind führte die aus dem Krater sich heraufhebende Masse von der Meerseite weg, und mit doppelter Wuth stürzte sie auf Somma, Ottajano, Nola, Caserta herab. — Bis in das Apenninengebirge hinein war tiefe Nacht. Der ganze Vesuv schien sich in Staub herabstürzen zu wollen. Wolkenbrüche vermischten sich in der Luft mit der Asche, und die Masse fiel, wie ein zäher Teig, über die Gegend. Fest umgab er die zartesten Zweige der Pflanzen und Bäume, und alle Pflanzungen dieses fruchtbaren Strichs erlagen unter der unerträglichen Last. Viele Dächer in den Oertern stürzten zusammen, und die Einwohner sahen sich genöthigt, ihr Leben durch schnelle Flucht in das Gebirge zu retten. — Auf diese Art fiel einst Herculaneum und Pompeji. —

Und wirklich hatte man Ursache ein noch grausameres Schicksal zu fürchten. Denn während daß der Schlamm und die Asche den 18. und den 19. fort in einer für die Helle des Tages undurchdringlichen Dichte sich herabsenkte, stürzten reißende Wasserströme vom jähen Abhang des Berges herab. Mit grenzenloser Gewalt rissen sie Berge von Steinen und Bäumen vor sich hin und bedeckten mit großen Felsmassen die Ebene. — Nur allein in der Nacht vom 20. Junius wälzten sich fünf solcher Ströme vom Berge, und dreimal im Laufe des Tages erneuerte sich diese verwüstende Erscheinung, und das letzte Mal mit doppelter Stärke und Kraft. Die ganze den Vesuv umgebende Landschaft ward durch diese Regen verheert; jede kleine

Wolke schien mit Macht gegen die Spitze des Berges gezogen, und kaum hatte sie den Gipfel umgeben, als auch schon die Wässer herunterstürzten, Wälder, Straßen, Brücken zerrissen und Häuser und Felder zerstörten. — Von allen Seiten lebten die unglücklichen Menschen in beständiger Todesangst, und waren fortdauernd genöthigt, sich zur schnellen Flucht zu bereiten. — Bosco, Somma, Ottajano, Torre del Annunziata verloren auf diese Art zum Theil auf unzuberechnende Zeiten die Frucht ihres Fleißes, und die Verwüstungen der Lava in Torre del Greco waren kaum verderblicher und größer, als die der entsetzlichen Wassermenge, die der Vulkan auf das Land hinabstürzte. —

Indeß verminderte sich allmälig die Menge der ausgeworfenen Asche. Man sahe jetzt mit ihr sich große Dampfwolken aus dem Krater erheben, die in der Luft sich zerstreuten. Doch wurden die Nächte in Neapel noch fortdauernd von der unzähligen Menge glänzender Blitze erleuchtet, die sich aus der Aschenwolke unaufhörlich herabstürzten. Ein starker, aber nicht rollender Donner begleitete sie, und daher das noch mehrtägige fortgesetzte Getöse vom Berge.

Am 24. und mehr noch am 26. fiel wieder mehrere Asche auf die Seite gegen Neapel; aber als sie die Einwohner erblickten, erhoben sie ein Freudengeschrei; denn sie war nicht mehr dunkelgrau oder schwarz, wie bisher, sondern hellgrau und zuletzt beinahe ganz weiß. Die Erfahrung aller Eruptionen hatte gelehrt, daß dies der letzte Bodensatz im gährenden Innern des Berges sei, und daß mit ihm die ganze Eruption gewöhnlich sich endige. — Und man betrog sich auch dies Mal nicht. Von nun an rauchte der Vesuv fast nur allein. Asche fiel nur noch an einigen Tagen, und seit dem 8. Julius kehrte Heiterkeit in das glückliche Klima Neapels zurück. Schon erhob sich wieder Torre del Greco durch den rastlosen Fleiß der zurückgekehrten Einwohner. Tausende waren auf den Feldern zerstreuet, die Blätter und Zweige der Bäume und Reben von der Alles bedeckenden Asche zu säubern. — In Neapel strömten auf das Neue die Menschen den wieder geöffneten Schauspielen zu, und wie vorher versammelten die Späße des Polichinells die geschäftslose Menge an den Ecken der Straßen. — —"

Dreißigster Brief.

Erlöschende und erloschene Vulkane.

Auch die Vulkane machen keine Ausnahme von dem unumstößlichen Gesetze der Natur, daß Alles schwindet, Alles vergeht. Auch das Feuer der Vulkane ist kein ewiges Feuer. Viele von ihnen sind schon erloschen, manche scheinen im Erlöschen begriffen zu sein. Freilich vermag man von keinem dieser tückischen Feuerheerde zu sagen, daß er vollständig erloschen sei, so lange noch irgendwelche Zeichen seiner Thätigkeit zum Vorschein kommen; aber von solchen, welche seit Jahrtausenden nichts mehr, auch keine heißen Dämpfe mehr entwickelt haben und dabei von der Quelle ihrer treibenden Kraft, von dem Gewässer des Meeres, entfernt liegen, vermögen wir wohl anzunehmen, daß sie erloschen seien. So lange Dampf-Entwickelungen in Kratern sich noch zeigen, so lange müssen wir dieselben immer noch zu den thätigen Vulkanen rechnen. Bei dieser Thätigkeit zeigt sich jedoch mitunter eine so geringe Dampf-Entwickelung, ein so anhaltender Schlummer jeder großartigen Kraft-Aeußerung, daß wir berechtigt sind hier einen Zustand ganz besonderer Art vorauszusetzen, und wir nennen diesen Zustand den der Solfataren.

Wenn man von Neapel aus den Weg nach Puzzuoli einschlägt und die Posilip-Grotte verlassen hat, so bleibt diese Stadt bis ganz zuletzt durch ein Vorgebirge verdeckt, dessen große Felsmassen senkrecht in's Meer abfallen. Hier steht das einzige feste Gestein an, zwischen den lichten Hügelreihen von Tuff, welche rings die ganze Gegend bedecken. Der Weg geht ungefähr 600 Schritt weit darüber hin, dann ist es wieder verschwunden. Man erkennt schon von Weitem ganz deutlich, daß es auf Bänken von Tuff liegt, und so von oben in schwacher Neigung herabkommt. Auf den ersten Anblick würde man es für einen Lavenstrom halten, aber die Masse des Stromes gleicht wenig den Laven der Gegend, auch sieht man bei näherer Untersuchung der Stelle, wie sich ein Gang des Gesteins zwischen die Schichten des Tuffs fast horizontal verbreitet.

Weiter aufwärts bildet es den ganzen rundlichen Berg, Monte Olibano genannt, verschwindet darauf in einem dahinter liegenden Thale und kommt erst an der Spitze eines ansehnlichen Bergrandes wieder zum Vorschein, wo es aus Tuffschichten hervorragt. Dieser Bergrand fällt steil gegen eine fast kreisrunde, kesselförmige Vertiefung ab, deren Wände, mit Ausnahme der obenerwähnten Stelle auf der Südseite, aus Tuff, wie er rings umher verbreitet ist, bestehen. Auch im Grunde des Kessels steht krystallinisches Gestein an, von dem der Tuff rings umher nach außen abfällt, d. h. seine Schichten nach außen neigt. Das feste Gestein, das unzweifelhaft Trachyt ist, hat hier offenbar die Tuffschichten durchbrochen und mit sich emporgehoben, und ist zugleich an einer Stelle seitlich, am Monte Olibano, hervorgedrungen und bis zum Meere herabgeflossen.

Dergleichen Trachyt-Durchbrüche sind noch mehrere in den phlegräischen Feldern zu finden. Am Fuße der steilen Tuffhügel des Klosters von Camaldoli*), so wie im zirkelrunden Krater des Astroni tritt der Trachyt hervor, und beide Male unter ähnlichen Verhältnissen. Die Hügel von Camaldoli und ihre Fortsetzung schließen in weitem Bogen eine Fläche ein, in der das Oertchen Pianura liegt. Bei diesem bricht Trachyt hervor, der einen in der Stadt Neapel sehr beliebten Bruchstein liefert. Man nennt ihn Piperno, und hat um seinetwillen weite Steinbrüche in den Berg hineingearbeitet. Ueberall wird er vom Tuff bedeckt, der über ihm nach außen abfällt. Ebenso treten in dem wunderbar schön geschlossenen Kessel des Astroni, mitten aus dem Grunde, Felsen hervor, die ganz aus Trachyt bestehen. Zum Theil ist er von dichter, gewöhnlicher Art, zum Theil auch schlackig. Der deutlich geschichtete hellfarbige Tuff, aus dem die Wände der kraterartigen Vertiefung bestehen, gehört den oberen Tuffen der Umgebung an, und fällt in seinen Schichten, mit 12° bis 14° geneigt, nach außen ab.

Vergleichen wir mit diesen Vorkommnissen das, was wir vom Monte Nuovo oben schon erfahren haben, so leuchtet die Uebereinstimmung, welche in allen Beziehungen unter diesen Bergen besteht, sehr deutlich ein. Alle diese kleinen kesselförmi-

*) Nicht zu verwechseln mit dem Camaldoli am Fuße des Vesuv.

gen Ringgebirge, welche in den phlegräischen Feldern, zwischen Neapel und dem äußeren Meere, vertheilt liegen, sind wahrscheinlich auf dieselbe Art wie der Monte Nuovo entstanden. Bei den meisten sind nur die Tuffschichten erhoben worden, bei einigen ist der Trachyt in der Mitte des Erhebungskraters hervorgedrungen, so bei dem Kessel von Pianura und beim Astroni, und in einem Falle ist er nicht bloß hervorgedrungen, sondern auch zur Seite abgeflossen, und dies geschah bei der zuerst geschilderten Solfatara. Man könnte daher wohl annehmen, daß ihre größere Trachyt-Masse auch aus größerer Tiefe emporgedrungen sei, und daß daher an dieser Stelle heiße Dämpfe durch den Trachyt, oder an seinen Rändern zugleich einen bleibenden Ausgang gefunden hätten.

Diese heißen Dämpfe, die Fumarolen der Solfatara, bestehen, wie schon bei den Gasquellen erwähnt worden ist, zumeist aus Wasserdampf, doch fand sich in den rauschend und unter starkem Druck und hoher Temperatur aufsteigenden Dämpfen der stärksten Ausströmung, der Bocca della Solfatara, neben vielem Wasserdampf, schweflige Säure, Kohlensäure, Sauerstoff und Stickstoff. Dieses Gasgemenge ist jedoch nicht beständig und wechselt im Gehalt an Sauerstoff und Stickstoff, Kohlensäure und Schwefelwasserstoff. Von festen, aber flüchtigen Bestandtheilen setzen sich besonders Salmiak und Schwefel ab, der letztere nicht selten mit Arsen und mit Selen verbunden. Da aber stets dabei schweflige Säure vorkommt, so bildet sich aus dieser und dem Sauerstoff der Luft auch Schwefelsäure, welche mit den Bestandtheilen des Feldspaths im Trachyt, mit Thonerde und Kali, Alaun hervorbringt, der im Großen hier gewonnen wird. Bei diesem Vorgang wird das Gestein in eine schneeweiße Erde verwandelt, in welcher nebenher sich Gyps und Schwefel, Bittersalz und Eisenkies, Alaun und Glaubersalz, Salmiak und Realgar, so wie auch Borsäure verbreitet zeigen. Die weiße Erde füllt den ganzen Boden der Vertiefung aus, und bildet einen Theil der Wände so wie die Höhen nach Nordosten hin, und nach der weißen Farbe dieser nackten Stellen nannten schon die Alten die Solfatara und die Höhen neben ihr: Colli leucogei.

Uebrigens hat sich die Solfatara nach den Schilderungen,

die wir bei Strabo und bei Cornelius Severus finden, seit ihrer Zeit gar nicht verändert, und auch aus der gesammten Zwischenzeit haben wir keine zuverlässigen Nachrichten, welche von irgend einer anderen, direct vulkanischen Thätigkeit uns Kenntniß gäben. Sie war schon damals so, wie sie unterdessen gewesen ist, und wie wir sie noch heute sehen. Weder Flammen noch Ausbrüche sah man je aus ihr hervorkommen, und ihre Fumarolen strömen weder stärker, wenn der Vesuv in Thätigkeit ist, noch schwächer, wenn er ruht; sie bleiben stets sich gleich, wie das langjährige Beobachtungen nachgewiesen haben.

Aus allen diesen Thatsachen sieht man wohl ein, daß die Solfatara unmittelbar nichts mit Erscheinungen von Ausbruchs-Oeffnungen der Vulkane gemein hat, und dennoch finden wir den ihrigen ganz ähnliche Zustände in Kratern, welche Ausbrüche gehabt und Lavenströme ausgestoßen haben, wenn diese schon seit langer Zeit in Ruhe sind. Hierfür liefert uns der Krater von der Insel Volcano, unter den Liparen, ein sehr deutliches Beispiel, das Fr. Hoffmann uns mit jener Lebhaftigkeit beschrieben hat, die alle seine Schilderungen auszeichnet.

„Es scheint unmöglich, sagt er in einem Briefe an Buch, das vollkommnere und zierlichere Modell einer in sich abgeschlossenen Vulkan-Insel aufzufinden, deren Eindruck auf den Beobachter gleich schlagend und überraschend ist. Das von Ihnen mit so großem Rechte hervorgezogene Barren-Island (Fig. 27) kann wohl kaum etwas Vollkommneres darbieten, als der gegenwärtige Eruptionskegel von Volcano in der ringförmigen Umfassung seines ursprünglichen Kraters. Was in Stromboli nur mit geschärfter Aufmerksamkeit und nach mehrfachen Untersuchungen sich erkennen läßt, weil der alte und der neue Kegel dort so innig mit einander verwachsen und überschüttet sind, das entwickelt sich auf Volcano in ungleich größeren Dimensionen und mit so vollkommener Deutlichkeit, daß ein Blick darauf hinreicht, die ganze großartige Erscheinung in ihren Grundzügen klar werden zu lassen.

Gelandet in der günstigen und wohl beschützten Meeresbucht, auf der Ostseite der Insel, erblickten wir sogleich majestätisch und mit sehr steilen Abhängen den oben breit und flach

abgeschnittenen Eruptionskegel. Dieser Berg hat nach unseren Messungen eine Meereshöhe von 1224 Fuß. Seinen Abhang an der Nordseite hinaufsteigend sieht man ihn ganz gebildet aus sehr fein geschlemmten, fast zu Thon gewordenen Aschen, die offenbar im Wasser abgelagert sind und darum hier, wie sonst auch, unter dem allgemeinen Namen Tuff begriffen werden müssen. Etwa in halber Höhe kommt man an zwei über einander liegenden Nebenkegeln vorüber, deren unterer noch einen wohlerhaltenen, kreisrunden, kleinen Krater, von 200 Schritt im Durchmesser, besitzt. Man erreicht endlich den oberen Rand des großen Kegels, welcher an dieser Seite nur etwa 800 Fuß hoch ist, und tritt hier auf eine schwach ansteigende Ebene, welche in nie aufhörende Schwefeldämpfe gehüllt ist. Diese Dämpfe, meist mit Schwefelwasserstoff beladener Wasserdampf, zischen siedend heiß aus den mit Schwefelkrusten dick bezogenen Spalten des Bodens hervor, und die Heftigkeit ihres Ausdrängens hat hin und wieder kleine ofenähnliche Hügel aufgeworfen, welche zur Gewinnung des Schwefels benutzt werden. Von der Nordwestseite dieser Ebene ist ein plumper, rauher Lavastrom ausgeflossen und auf der Südseite liegt ein etwa 50 Fuß hoher Wall, welcher diesen sanften Abhang von dem eigentlichen Krater trennt.

Dieser bildet eine ringsum ganz geschlossene, gewaltige, kreisrunde Vertiefung, von etwa 3000 Fuß im Durchmesser und oft mehr als 600 Fuß hohen, senkrecht abstürzenden Felswänden. Das ist an sich schon keine gewöhnliche, keine gleichgültige Erscheinung. Doch die Farbe dieser mit Schwefel und Salzkrusten wunderbar und mannigfaltig bedeckten Felsenwände, die dicke graue Dampfmasse, welche überall hervordringt und den Boden dieser schauerlichen Tiefe mit den stets bewegten Formen ihrer emporwirbelnden Wolken erfüllt und verdunkelt, giebt dem Ganzen etwas unaussprechlich Majestätisches und eine furchtbare, fast Grauen erweckende Schönheit. Ueberrascht und erschrocken zugleich glaubt man sich hier an den wahren Pforten der Unterwelt.

Nicht zu allen Zeiten ist es möglich auf dem steil gewundenen Pfade in das Innere dieses prachtvollen Krater-Beckens hinabzusteigen, und auch als wir uns dort befanden, waren

die Wirkungen der schwefelbeladenen Dämpfe stellenweis sehr beschwerlich, ja fast ganz unerträglich zu nennen. Der Aufenthalt in der Tiefe ist sehr lehrreich durch den Anblick zahlreicher veränderter Gesteine, welche von den Wirkungen der Dämpfe bis in's Innere zersetzt sind. Selbst die harte schwarze Glasmasse des Obsidian ist hier sehr deutlich in einen schneeweißen dichten Thonstein verwandelt, in welchem hin und wieder noch einige schwarze glänzende Körner verstreut liegen, und auf ihren Klüften hat der Schwefel sich wunderschön in kleinen Schnüren oder Nestern ausgebildet, die lebhaft an die Kalksteinstücke aus den Schwefelgruben von Sicilien erinnern. Kleine Höhlungen trugen zierliche Gyps-Krystalle, andere waren mit noch räthselhaften, blutrothen Nadeln erfüllt, und das Ganze war sehr angenehm durch den lebhaft rothgelben Selen-Schwefel verkittet, an dessen Oberfläche sich hin und wieder große Flächen jener seidenglänzenden Schüppchen ausbreiten, in welchen hier, wie frisch gefallener Schnee, die Borsäure sich ansetzt.

Ein großer Theil dieser merkwürdigen Gesteine wird als Alaunstein benutzt, andere führen Krusten von Salmiak. Gypsrinden, Vitriolkrusten und eisenreiche saure Thone sind überall verbreitet, und der Chemiker muß hier reichliche Beute finden. Auf dem Boden des Kraters, der sich 507 Fuß über dem Meere befindet, liegt ein wohl 80 Fuß hoher Hügel von wild durch einander geworfenen Steinblöcken, welchem die Schwefeldämpfe mit ganz besonderer Heftigkeit entströmen. Sein Inneres soll bei Nachtzeit, nach vielfach übereinstimmender Aussage der Arbeiter, dunkelglühend roth durchscheinen. Wird er in solchem Grade durch die zusammengepreßten Wasserdämpfe erhitzt? ich weiß es nicht, doch sicherlich durch keine im Innern noch glühende Lavamasse. An den Wänden des Kraters steigen die Dämpfe in spaltenähnlichen Linien von schön geschlängelter Windung und ansehnlicher Länge auf, und ihr Toben, das dem nahen Rauschen des Meeres gleicht, macht den Eindruck dieser schauervollen Einsamkeit noch großartiger und ergreifender."

Hier haben wir es offenbar mit dem Krater eines Vulkans zu thun. Erst im Jahre 1775 hat er seinen letzten Lavenausbruch gemacht, und doch befindet er sich jetzt im Zustand einer

Solfatara. Wie weit ist er von seinem stets gleichmäßig thätigen Nachbar auf Stromboli verschieden! Dort wallt beständig fließende Lava im Ausbruchskegel auf und nieder, und Dampf-Explosionen erschüttern den Berg und schleudern die Schlacken der Lava umher. Hier zischen nur Dämpfe aus Spalten hervor und lassen den leuchtenden Schwefel und seine fressenden Säuren als Zeichen des infernalischen Ursprungs zurück. Während in beiden Fällen die Dämpfe des Wassers den vorwaltenden Bestandtheil der hervordringenden Gase bilden, sind sie bei den thätigen Vulkanen, wie Aetna, Vesuv und Stromboli, besonders mit Salzsäure beladen, indessen in den Solfataren gar keine Salzsäure, dagegen Schwefelwasserstoff zu finden ist.

So scheint es, daß von Zeit zu Zeit Vulkane in jenen Zustand lässiger Ruhe versinken können, welchen die Solfatara zeigt, und daher nennen wir dieselben denn auch Solfataren, ohne damit behaupten zu wollen, daß alle ihre Zustände ganz denen gleichen, die wir in jener alten Schwefelgrube bei Neapel finden. Charakteristisch ist und bleibt für diese Zustände die Abscheidung von großen Massen Schwefel, der sonst in thätigen Vulkanen nur in geringen Mengen vorzukommen pflegt. Dergleichen Schwefel producirende, ruhende Krater kommen noch an verschiedenen Stellen der Erde, besonders häufig aber unter den Vulkanen der Insel Java vor. Dort findet sich sogar in einem alten Krater ein kleiner Teich, in dessen Wasser eine ansehnliche Menge Schwefelsäure enthalten ist, und Schwefel selbst wird an sehr vielen Stellen von den Eingebornen gesammelt. Auch auf der Insel Trinidad, so wie auf Guadeloupe sind Solfataren seit alter Zeit bekannt. In vielen Fällen muß es unentschieden bleiben, ob man solch einen halb erloschenen Krater, der etwas Schwefel absetzt, eine Solfatara nennen soll, oder ob nicht.

Die Solfataren, welche Humboldt aus dem Tian-schan in Inner-Asien angeführt hat, gehören nicht hierher, das sind Steinkohlenbrände. Ich habe Gesteinsproben von dort gesehen, welche es unzweifelhaft beweisen, daß man es hier mit den begleitenden Gesteinen einer Kohlen-Formation und gar nicht mit vulkanischen Gebilden zu thun hat. Die rothgebrannten Schiefer von Urumtsi gleichen den Schiefern vom brennenden Berg

bei Duttweiler, in der Nähe von Saarbrück, so wie ein Ei dem andern. Auch aus den chinesischen Berichten, die Humboldt anführt, läßt sich viel einfacher die Oertlichkeit und ihr Zustand als ein großartiger Kohlenbrand, denn als eine ganz eigenthümlich abweichende vulkanische Localität erklären. Kohlenbrände sind in dem ganzen Mittel-Asien weit verbreitet, sie fangen in der Gegend von Taschkend an und ziehen sich bis in das eigentliche China fort. Humboldt hat die Frage, ob diese brennenden Berge, von denen die Chinesen reden, nicht Steinkohlenbrände sein könnten, gar nicht in Betracht gezogen, sonst würde ihm die klare Uebereinstimmung aller Beschreibungen mit dieser Ansicht von der Sache nicht entgangen sein, auch hat er nie Gesteine von diesen merkwürdigen Punkten in Händen gehabt.

An vielen Stellen unserer Erde finden wir nun aber auch Gebirge oder einzelne Berge, welche nach allen äußeren Zeichen von Gestalt und Gestein Vulkane sein müssen, die aber doch seit Menschengedenken niemals, so weit uns wenigstens bekannt ist, ein Zeichen vulkanischer Thätigkeit von sich gegeben haben. Dergleichen Berge nennen wir erloschene Vulkane. Von einigen Seiten hat man zwar bezweifeln wollen, daß es zuverlässig erloschene Vulkane gebe, doch kann man sehr wohl einen Unterschied machen zwischen Vulkanen, welche, wie der Vesuv im Mittelalter und der Ipomeo auf Ischia in jetziger Zeit, in Ruhe versunken sind, und solche, bei denen wir weder jetzt noch jemals wieder Feuer-Ausbrüche zu erwarten haben. Denn die Lage gegen das Meer ist es, welche hierbei einzig und allein entscheidet. Wo wir unthätige Vulkane finden, die jetzt in ansehnlicher Entfernung von dem Meere gelegen sind, da müssen wir annehmen, daß ihnen wirklich die treibende Ursache entzogen sei, wo wir sie aber noch in der Nähe des allgemeinen Gewässers sehen, da können wir erwarten, daß sie dereinst wieder aufbrechen werden. Aus diesen Gründen haben wir keine Ursache zu erwarten, daß jemals die im Innern unseres jetzigen Festlandes gelegenen vulkanischen Berge, die keine Spur unterirdischer Thätigkeit mehr zeigen, wieder zu irgend einer vulkanischen Kraftäußerung erwachen werden. Mitunter bilden dergleichen erloschene Vulkane ansehnliche Berggruppen im Innern

der Continente, und selbst in dem sonst an Vulkanen so armen Europa finden sich deren nicht wenige im erloschenen Zustande. Zwar ist der ganze Norden Europa's von thätigen, wie von erloschenen Vulkanen frei. Der nördlichste erloschene Krater liegt unter 50° 40′ n. Br., aber in südlicheren Breiten sind deren nicht wenige vorhanden.

Deutschland enthält von ihnen eine sehr eigenthümliche Gruppe in der Eifel. Die Eifel macht einen Theil des westlichen Flügels des Niederrheinischen Schiefergebirges aus. Dieses Gebirge bildet eine große kastenförmige Masse, welche im Norden aus den belgischen Niederungen und aus dem Flachlande von Westphalen emporsteigt, im Süden gegen die Pfalz und das Main-Thal abfällt. Im Süden begrenzt sich das Gebirge durch einen wallartigen Rücken, welcher unter dem Namen Taunus und Hundsrück bekannt ist. Nördlich von dem breiten, kastenförmigen Plateau des Hundsrück läuft die Mosel parallel mit dem Zuge der Höhen von Trier bis Coblenz. Nördlich von ihr, nur auf dem linken Ufer des Rheins, beginnen die vulkanischen Districte der Eifel. Das Schiefergebirge breitet sich hier zu einer Hochfläche aus, welche sich gegen Osten allmälig herabsenkt und dadurch gegen den Rhein hin eine Vertiefung bildet, die man gewöhnlich als das Becken von Neuwied zu bezeichnen pflegt. Nördlich von dieser Gegend erheben sich die Berge an der Ahr und die hohe Eifel oder Schneifel, welche letztere sich gegen Westen unmittelbar mit den Ardennen verbindet.

Das vulkanische Gebiet, welches in dem oben umgrenzten Terrain auf das Bestimmteste im Nordosten durch das Rhein- und im Südosten durch das Mosel-Thal abgeschnitten wird, trennt sich in zwei gesonderte Gruppen, deren eine, die niedere Eifel, in der Ecke zwischen Rhein und unterer Mosel liegt und einen Raum von ungefähr 8 bis 10 Quadratmeilen einnimmt, während der andere, die hohe Eifel, an dem oberen Theile der Moselzuflüsse gelegen ist, welche die Namen Ues, Alf, Lieser und Kyll führen, und hier eine Ausdehnung von 12 bis 15 Quadratmeilen einnimmt. Die untere Eifel wird häufig, besonders um des Laacher-Sees willen, besucht, viel seltener die obere Eifel, die weit von der gewöhnlichen Heerstraße der Reisenden liegt.

Die untere Eifel, welche man auch als die Umgebung des Laacher-Sees bezeichnet hat, ist eine der merkwürdigsten vulkanischen Gegenden in Europa, denn man findet in ihr auf beschränktem Raume die Zeichen der mannigfaltigsten vulkanischen Erscheinungen zusammengedrängt. Schlacken-Auswürfe und Lavenströme, Bimstein-Aschen und Schlamm-Ergüsse bedecken die Gegend; doch nirgend auf weite Strecken. An hundert Stellen, wo man, nach der Analogie anderer vulkanischen Gegenden, sich weit hinaus nur von vulkanischem Gestein umgeben glauben sollte, tritt plötzlich dicht neben den vulkanischen Gebilden das unveränderte Gestein des Schiefer-Gebirges wieder hervor. Ungefähr in dem Mittelpunkte dieses Terrains befindet sich ein stilles, weites, tiefes Wasserbecken, der Laacher-See. Von einem Kranz sanft ansteigender Höhen umgeben, zum großen Theil von dunkeln Laubholzwäldern eingefaßt, bedeckt sein dunkler Spiegel eine Fläche von mehr als 1500 Morgen. Fast 9000 Fuß lang, fast 8000 Fuß breit und beinah 1800 Fuß tief. Seine tiefste Stelle liegt volle 900 Fuß tiefer als der Spiegel der Nordsee, und da die Nordsee nicht mehr als 350 Fuß Tiefe hat, so finden sich erst an dem Rande des großen Oceans Punkte, welche eine gleiche Tiefe erreichen. Die ihn umgebenden Höhen bestehen zum Theil aus Duckstein, den Resten ehemaliger Schlamm-Massen, zum Theil aus Schlacken, Tuff, vulkanischen Aschen und aus Schiefer-Gesteinen. Ueber den Ursprung des Sees ist man noch nicht ganz einig. Die meiste Wahrscheinlichkeit hat die Ansicht, daß er in Folge unterirdischer Einstürze entstanden sei. Ein erloschener Krater ist er nicht.

Der höchste Punkt in der Nähe des Sees ist ein alter Vulkan, der sogenannte Krufter-Ofen, der aus verschlackter Lava besteht. Hier breitet sich ein großer, kraterförmiger Kessel aus, der ungefähr 5000 Fuß Länge und fast dieselbe Breite hat, und mächtig mit Bimstein überschüttet ist. Gerade südlich vom See, eine halbe Stunde entfernt, liegen die weit und breit berühmten Werkstein- und Mühlstein-Brüche vom Ober- und Nieder-Mendig. Ein kleiner Ausbruchskegel, um eine Stunde weiter südwestlich bei dem Dorfe Ettringen gelegen, ist der Ausgangspunkt der Laven gewesen. Er ist nur 620 Fuß hoch und besteht ganz aus Schlacken und poröser Lava. Im Innern findet man einen

großen, tiefen, nach Norden geöffneten Krater. Aus diesem Krater ergoß sich der mächtige Lavenstrom, auf welchem das Dorf Ober-Mendig steht. Auf seiner Oberfläche ist er hier nur schwach mit Bimstein und Asche bedeckt. Die Steinbrüche sind alle unterirdisch, ihr Bezirk heißt die Leyen (von Ley, Fels) und die Arbeiter werden demnach Leyer genannt. Der Lavenstrom ist von oben nach unten in unregelmäßige, vielseitige Säulen zerspalten, welche nach oben dünner, nach unten dicker werden; mehrere vereinigen sich nicht selten zu einer, wodurch zuletzt das Ganze in eine zusammenhängende Masse übergeht. Mit zunehmender Tiefe vermindert sich die Porosität des Gesteins, so daß der unterste Theil eine fast ganz dichte, basaltähnliche Masse bildet. Auf jene eigenthümliche Zerspaltung des Lavenstroms gründet sich die bei den Arbeitern übliche Vergleichung des Vorkommens mit Bäumen. Die oberen Theile heißen Aeste, die mittleren Stämme, die unteren Dielstein. Die obere Abtheilung wird, bei 7 bis 8 Fuß Stärke, nicht gewonnen, sondern bleibt als Decke stehen, die mittlere, der eigentliche Mühlstein, wird in 20 bis 30 Fuß Mächtigkeit fortgebrochen, der untere bleibt wieder unbenutzt. Mächtige, weitreichende Gewölbe, die hin und wieder von dicken Pfeilern unterstützt werden, sind auf diese Weise ausgebrochen. An ausgenutzten Stellen werden sie jetzund als Bierkeller verwendet, da ihre Räume in der sehr porösen Lava auch im Sommer eine außerordentlich niedrige Temperatur behalten.

Westlich und östlich, so wie nördlich vom Laacher-See breitet sich eine eigenthümliche Gesteinsbildung aus, welche im ganzen unteren Rheingebiete unter dem Namen Traß gar wohl bekannt ist, und vorzüglich bei Wasserbauten, dem Kalke beigemengt, verwendet wird. Es ist ein erdiges, gelbgrünes oder braunes, poröses Gestein, in dem man kleine abgeriebene Bimsteinstücke, so wie, jedoch wenig häufiger, Thonschiefer-, Trachyt- und Basalt-Brocken, Schlackentrümmer u. dgl. m. eingemengt findet. Einigen Geologen gilt der Traß als das Product gewaltiger Aschen- und Bimstein-Auswürfe, welche, da sie im Wasser niederfielen, sich mit Schlamm mengten und zugleich mit Trümmern nachbarlicher Felsmassen; andere Gebirgsforscher glauben an eigentliche Schlammausbrüche, deren Ausgangspunkte sich

jedoch nicht mit Sicherheit nachweisen lassen. Der Traß setzt ansehnliche, oft in dicke Bänke abgetheilte Lager zusammen und schließt mitunter Holzstämme, Aeste und auch Blätter ein, die mehr oder weniger verkohlt erscheinen. Er wird an vielen Stellen, insbesondere im Brohlthal, nördlich von Andernach, theils durch Tagebau, theils bergmännisch gewonnen.

Bemerkenswerth ist noch, daß über eine weite Strecke zwischen Coblenz und dem Laacher-See, so wie zwischen Sayn, jenseit des Rheins, und Meyen Schichten von losen kleinen Bimstein-Brocken sich finden, die ganz unzweifelhaft durch Ausbrüche verbreitet worden sind. Man begegnet ihnen hin und wieder noch weiter östlich und ihre letzten, aber ganz unzweifelhaften Spuren, hat man im Lahnthal zwischen Marburg und Gießen angetroffen. Dahin, in eine Entfernung von beinah 15 Meilen, sind sie sicherlich durch Westwinde getragen worden, welche während eines Ausbruchs in der Eifel die Aschenwolken bis dorthin vertrieben.

Einunddreißigster Brief.

Erlöschende und erloschene Vulkane.

Fortsetzung.

Nicht weniger merkwürdig als die niedere Eifel erscheint die hohe Eifel, welche weiter westlich liegt. Zwischen beiden Gegenden befindet sich ein Strich von mindestens zwei Meilen Breite, der ohne alle Spuren vulkanischer Thätigkeit ist, jenseit desselben aber zeigen sich zahlreiche Zeichen dieser Kräfte. Zwar sehen wir nur selten Lavenströme, und wenn wir deren sehen, stets nur sehr kleine; zwar begegnen wir Schlammströmen gar nicht, und Bimsteinlager kommen nirgends vor — aber doch besitzt die Gegend ihre großen, vulkanischen Merkwürdigkeiten.

Vor allen ist unter diesen ein erloschener Vulkan zu erwähnen, der als ein kleines Musterbild eines Vulkans genannt zu werden verdient: der Mosenberg. Ein älterer Beobachter,

der zu der Zeit noch schrieb, als Vulkanismus und Neptunismus mit einander stritten, weil der letztere die Alleinherrschaft begehrte, sagt von ihm: „der Mosenberg trägt deshalb den deutlichsten Typus des Vulkanismus, und jeder Neptunist, der ihn gesehen, wird in seinem Systeme für immer schwankend gemacht.“ Dieses Musterbild eines Vulkans liegt unweit von dem Flecken Manderscheid, nördlich von Trier, an der Straße, welche über Daun nach Bonn geht. Wenn man von Manderscheid, das hart am Rande des von Nord nach Süd tief eingeschnittenen Liser Thals gelegen ist, sich gegen Westen wendet, so geht man eine Viertelstunde ungefähr über eine Hochfläche fort, die sich mit der Umgebung weit hinaus so ziemlich im Niveau befindet. Von Süden ragt der Wall des Hundsrück hervor und im Norden erheben sich vereinzelte Bergkuppen oder Spitzen, aber in unmittelbarer Nähe scheint das Terrain fast eben bis auf eine langgestreckte, rundlich-höckerige Bergmasse, die in Westsüdwest dem Wanderer dicht vor Augen liegt. Sargartig breitet sich, durch keinen Wasserriß, durch keine Spalte unterbrochen, ein langgestrecktes gleichförmiges Gehänge von Süden gegen Norden aus, dessen höchste wenig hervorragende Spitze dem Südende, das auch etwas steiler abfällt, näher liegt. Doch ebener Erde erreicht man diesen Berg noch nicht, man muß erst in das tiefe Thal der kleinen Kyll hinab, das wie das Liser Thal nach Süden läuft, und dann am jenseitigen Gehänge wieder hinauf. Hier führt ein Weg zum nächsten Dorfe Bettenfeld, über den nördlichsten Ausläufer des Mosenberges fort. Er steigt allmälig bis zum Fuß des Berges, hebt sich dann schneller und läuft darauf fast horizontal über einen Absatz des Berges fort. Wendet man hier das Auge rechts, d. h. nach Norden, auf den letzten Abhang des Berges hin, so sieht man mit Erstaunen eine fast kreisrunde, schüsselförmige Vertiefung vor sich, deren sanfte Ränder sich nur 20 oder 30 Fuß erheben und deren Boden mit Wasser und mit Sumpfgras abwechselnd flach bedeckt ist.

Seit wir den Fuß des Berges selbst betreten haben, gehen wir auf Aschen, Schlackenbrocken und Lapillen, und die Vertiefung, so wie ihre Wände bestehen nur daraus. Das ist ein Krater, aber welch ein kleiner! Von Rand zu Rand 700 Fuß

in seinem größten, 500 Fuß in seinem kleinsten Durchmesser, mit einem Tümpel von 400 Fuß in seiner größten Länge. Wie ein Suppenteller, dessen breiten Rand man auf drei Seiten sanft nach unten bog, so sieht er aus. Auf der vierten Seite steigt das Gehänge wieder steil nach Süden an. Wir heben uns an ihm wohl 80 oder 100 Fuß herauf und stehen am Rande eines zweiten Kraters, größer und tiefer als der vorige. Auch er ist länglich rund; gegen 900 Fuß in Länge und fast 700 Fuß in Breite nimmt er ein, und trägt auf seinem Grunde ebenfalls ein flaches, unreines Gewässer. Sein Rand wird an den höchsten Stellen 60 bis 80 Fuß über dem Teiche stehen und seine innern steil abfallenden Wände zeigen sich an vielen Stellen frei entblößt. Sie bestehen nur aus kleinen, höchstens ein Paar Zoll großen Schlackenstückchen, die nicht mehr flüssig waren, als sie ausgeworfen wurden, aber doch noch heiß und weich genug, um klebend an einander fest zu haften.

Aber auch dieser Krater bildet den Gipfel noch nicht. Wir steigen gegen Süden von seinem Rande wieder ein wenig abwärts und dann steil hinauf, und kommen so auf eine Wand, die, gegen Süden fortsetzend, den höchsten östlichen Rand des Berges bildet. Das ist die gleichförmige, ungefurchte Seite, die man von Osten kommend, 3000 Fuß breit, schon von Weitem vor sich sieht. Hier tritt das Gestein mit anderem Charakter auf. Große, schwarze Lavenblöcke bilden diese Wand, bedecken ihre innere Seite, liegen in einem kesselartigen Grunde wild umher, und steigen an der gegenüber liegenden, westlichen, etwas niedrigeren Wand wieder herauf. Der Raum zwischen beiden Wänden schließt sich nicht zu einem Kessel ab, sondern steigt von Norden ein wenig bis zur Mitte an, dort eine Scheide bildend, die jedoch niedriger als der Rand im Westen liegt, und daher auch weit unter dem in Osten zurückbleibt. Gegen Süden, wo der Berg nun endet und schnell abfällt, öffnet sich von dieser Scheide ein tiefes Hufeisen, dessen Grund 150 bis 200 Fuß unter seinen Seitenwänden liegt. Wo es sich öffnet, fällt das Gesammtgehänge wie ein gleichförmiger weiter Mantel schnell gegen Süden ab und zeigt an seinem Fuße einen kleinen Lavenstrom, der auf dem Grunde eines schmalen Thälchens bis zu dem Bett der Kyll hinabgeht. Er

hat 6000 Fuß in größter Länge, bei einer Breite, die mitunter kaum mehr als 150 Fuß erreicht. Seine Masse ist schwarz, basaltisch.

Das Eigenthümliche dieses kleinen Berges besteht in seinen zahlreichen Kratern. Bildete er nur das Hufeisen der Südseite, von dem der Lavenstrom ausgegangen ist, so hätte er dieselbe Beschaffenheit wie viele andere Ausbruchs-Oeffnungen, die beiden kleinen, flachen Nebenkrater machen aber ganz besonders seine Eigenthümlichkeit. Diese Krater haben keine Lavenströme ausgeschickt, dagegen viele kleine Schlackenbrocken und Aschenmassen ausgestoßen, von denen man am großen Krater nur geringe Spuren findet. Denoch ist ihre Menge gar nicht groß. Sie haben nur sehr niedrige Krater-Ränder gebildet und ihre Aschen sind nicht weit verbreitet.

Untersuchen wir nun dergleichen Aschen, welche in der hohen Eifel an vielen Stellen vorkommen, ein wenig näher, so sehen wir, daß sie nicht bloß aus Bruchstücken vulkanischer Gesteine bestehen, sondern daß eine große Menge kleiner Schieferbrocken, so wie auch Stückchen Grauwacke sich in ihr finden. Dergleichen kommen nicht bloß hier zum Vorschein. Am Römerberg bei Gillenfeld, der einen deutlichen Krater zeigt, so wie an vielen andern Punkten, wo Krater nicht mehr sichtbar sind, zeigen die Aschen große Mengen von zerriebenem Schiefer und eckige, oft große Bruchstücke von Grauwacke. Das weiset darauf hin, daß hier Ausbrüche stattgefunden haben, bei denen nur sehr kleine Mengen von geschmolzenem Gestein bis an die Oberfläche drangen. Die vulkanischen Dampfmassen brachen zwar hervor, aber sie führten wenig Lava mit sich fort, dagegen entrissen sie auf ihren Wegen dem Grundgestein der Gegend zahlreiche Brocken, die sie theils zerrieben als Staub und Asche, theils in ansehnlichen Stücken mit hervorbrachten. Man hat sie darum Gas-Vulkane nennen wollen, ich sehe keinen Grund dafür. Wir haben keine Ursache, um dieser ungeschmolzenen Schieferbrocken willen anzunehmen, daß sich ein anderes Agens, als der sonst auftretende Wasserdampf in diesen kleinlichen Vulkanen bewegt habe.

Wendet man sich vom Mosenberge 1000 Schritte gegen Norden, so steht man an dem Rande eines tiefen Beckens, so tief, daß man vom Mosenberge seinen Grund nicht sieht. Um

mehr als 200 Fuß senken sich plötzlich Wände von Schiefergestein in die Tiefe und umgeben fast genau im Kreise einen Raum, der zum Theil von Wiesen und Moor, zum Theil von Wasser bedeckt ist. Dergleichen tiefe mit Wasser ausgefüllte Kessel nennt man in der Eifel: Maare. Man findet deren nicht wenige in der hohen Eifel, besonders auf einen Raum von 4 bis 5 Quadratmeilen verstreut, von denen die bedeutendsten die von Uelmen, Ues, Dreis, Daun, Manderscheid und Gillenfeld sind. Sie liegen alle auf der Höhe des Plateau, manchmal sogar auf Bergen, haben steile Wände, in denen die Gesteine des Schiefergebirges zu Tage kommen, und nur hin und wieder zeigt sich in ihnen eine Spur vulkanischer Bildungen. Ihre Ränder sind hoch oben meist mit vulkanischen Aschen bedeckt, wie dergleichen in der Umgebung vorzukommen pflegen, aber Krater sind es nicht. Dafür sind ihre Dimensionen viel zu groß. So hat das Gillenfelder Maar z. B. 6500 Fuß im Umfang. Ein dunkelgrünes, klares Wasser deckt seine schnell zunehmende Tiefe, die bis 288 Fuß gemessen worden ist, und schöner Buchwald säumt rings das Gehänge.

Nicht immer sind die Umgebungen der Maare so freundlich. Wenn man von Gillenfeld nach Daun wandert, so folgt man erst dem Laufe eines Baches, der Alf, bis zu seiner Quelle. Er entspringt im Maar von Schalkenmehren. Der Kessel dieses Maars ist nur an drei Seiten geschlossen, an der vierten liegt das Dorf, neben dem der Bach seinen Abfluß findet. Steigt man vom Dorfe seitlich an den Wänden auf, so sieht man zuerst die Grauwacken- und Schieferschichten weit hinauf entblößt, darüber dann die Aschen und Lapillen-Lager, in Bänke abgesondert, ganz wie die obern Tuff-Bildungen am Posilipp bei Neapel. Auf der Höhe halten die Aschen an und man erreicht auf ihnen einen Paß, der nicht weit vom Gipfel den Rücken des Berges überschreitet. Der Weg geht auf der Höhe eben fort, hart an dem Rande eines großen Maars, das man hier oben nicht erwartet hätte. Rundliche, kahle Kuppen stehen zu den Seiten eines tief eingesenkten, steil umgebenen Kessels, kein Baum, kein Busch mildert die öde Einsamkeit des Orts, rings ist der Blick beschränkt, nur auf der einen Seite, wo er sich gegen Norden öffnet, steht eine Friedhofskirche zwischen

schwarzen Kreuzen hoch oben an dem Rand des Maars und Berges. Das Weinfelder Kirchlein ist rings umher im Lande wohl bekannt, denn es dient dem Wanderer aus großer Ferne schon als sicheres Wegezeichen, da es von seiner Höhe weithin sichtbar ist. Noch ein drittes Maar liegt an dieser Stelle, ein wenig weiter gegen Westen. Es ist kleiner, als die vorerwähnten, noch tiefer eingesenkt, so daß die höchste Stelle seines Randes mehr als 300 Fuß über dem Wasserspiegel liegt und hat, wie das Weinfelder Maar, keinen sichtbaren Abfluß.

Was sind nun diese Maare, diese Kessel oder Trichter, die manchmal in der Ebene, manchmal auf Bergen liegen, stets tief eingesenkt, stets an Stellen, wo Spuren von vulkanischer Thätigkeit in Tuff- und Aschenmassen aufzufinden sind? Krater sind es nicht; Krater bestehen nicht aus Grauwacken- und Schiefer-Schichten, auf denen nur ein wenig Grus und Asche horizontal aufgelagert ist; Ausbruchsstellen für Lavenströme sind es auch nicht; denn Lavenströme kommen gar nicht vor. So müssen es denn wohl Einstürze sein, die sich an vulkanischen Ausbruchsstellen, oder in deren Nähe, gebildet haben, nachdem die hervordringenden Dämpfe große Massen von Schiefer und Grauwacke in kleinen Brocken mit fortgerissen, und dadurch Höhlungen im Gebirge gebildet hatten, die sich zuletzt nicht mehr erhalten konnten und einstürzen mußten. Darum liegen die Maare entweder neben Ausbruchsstellen, wie das Gillenfelder Maar neben dem Krater des Römerberges, oder es scheint, daß vor dem Einsturz just an dieser Stelle Aschen- oder Schlacken-Ausbrüche stattgefunden haben, wie bei dem Maar von Uelmen. Dergleichen scheint denn auch an anderen Stellen mitunter vorzukommen; wie man solche Maare auf den vulkanischen Plateaus von Mittel-Frankreich und in den schönen Seen der Albaner Berge bei Rom, wiederfinden kann.

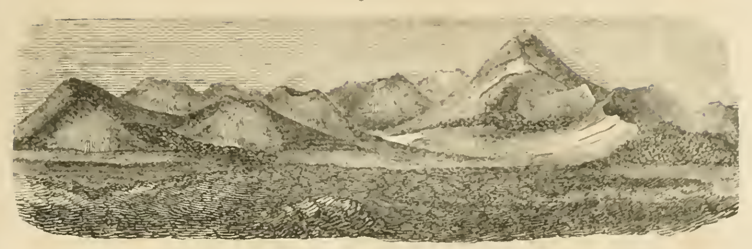
Sie sehen aus dem Vorerwähnten, daß die vulkanischen Districte unseres Vaterlandes nicht wenig Merkwürdiges darbieten, indessen dürfen wir uns bei ihnen doch nicht zu lange verweilen, da wir noch einige Blicke auf die anderen erloschenen Vulkane unseres Erdtheils werfen wollen. Zunächst auf die französischen. Diese französischen Vulkane haben einen großen Einfluß auf unsere Wissenschaft ausgeübt, denn sie haben

den großen Reformator auf geologischen Gebieten, den Mann, von dem die wichtigsten Impulse, nach verschiedenen Seiten hin, während der ersten Hälfte des Jahrhunderts ausgegangen sind, Leopold von Buch, zuerst davon überzeugt, daß wir dem Eindrucke der Natur, den Resultaten besonnener Beobachtung, mehr glauben müssen, als den Lehren des anerkanntesten, des verehrtesten Lehrers. Hier erhob er sich zuerst zur ganzen Freiheit seines scharfen Blickes, hier entwickelte er zuerst jenen glücklichen Instinct für das Verständniß der Natur-Ereignisse, der ihn vor Allem kennzeichnet. Hören Sie, was er, den 1799 der Vesuv doch noch nicht ganz vom Neptunismus abgewendet hatte, im Frühling 1802 aus der Auvergne schreibt.

„So sind wir denn nun in der Gegend, von der Frankreichs Naturforscher so viel geredet, auf die sie uns immer verwiesen und die sie uns doch niemals beschrieben haben. Wirklich müssen wir etwas Sonderbares, Außerordentliches erwarten. Denn was wir vom Gebirge über Thiers herab sahen, und auf der Ebene von Thiers bis hierher, gleicht so wenig den Gebirgen bei Genf und Lyon, daß wir uns fast in eine neue Natur versetzt glauben. Es ist nicht möglich Ihnen einen Begriff von der Pracht des Anblicks zu geben, von den Höhen bei Thiers auf das jenseitige Gebirge und auf das breite, lebendige Thal, die Limagne. — Die Kegel steigen über die fortlaufende Bergreihe herauf, wie in Rom die Menge der Kuppeln über die Stadt, und wie dort die Peterskuppel um sich her alle andern vernichtet, so drückt hier der Puy de Dome alle Kegel tief unter seine Höhe herab. — Wir haben den Koloß, seit unserm ersten Eintritt in Auvergne, nicht wieder aus den Augen verloren, und selbst noch hier, wo uns das Gebirge, auf dem er ruht, die Hälfte seiner Höhe verdeckt, sehen wir fast mit Erstaunen zu ihm hinauf. Seinen Gipfel umgeben jetzt noch große Schneemassen — und doch sind die Bäume im Thale mit frischem, fröhlichem Laube bedeckt. — Die kleineren Kegel scheinen wie seine Diener um ihn geordnet; sie laufen in gerader Richtung von ihm wie von einem Mittelpunkte aus, und in weiter Entfernung treten die Köpfe noch anderer hinter den ersteren hervor. Ihre Reihe scheint endlos zu sein.

Wir bemerkten sehr gut den schöngeformten Sarcouy, den

Fig. 36.



flach abgeschnittenen Pariou, den gewaltigen Louchardière und so viele andere, die auch von fernher nicht mit einander zusammenhängen. Von solchen Kegeln sahen wir keine Spur auf den zwei kleinen Gebirgen, die wir, von Lyon her, überstiegen.

Wie am Vesuv bin ich am Lavenstrom des Graveneyre hinaufgestiegen. Große Blöcke von Lava liegen hier wild unter einander; ihre Oberfläche ist mit Rapilli, mit kleinen Schlackentrümmern bedeckt, und kaum drängen sich zwischen ihnen durch einige Aehren oder Weinstöcke herauf. Unbeschreiblich ist diese Verwüstung, am Fuße des Berges mitten zwischen reichen Weingärten und Kornfeldern, in denen, außer den Grenzen des Stroms, von Felsen keine Spur ist. — Wir folgen seiner Richtung in die Höhe hinauf; er wird schmäler und höher; die schwarzen Felsblöcke häufen sich, zuletzt liegen sie in ungeheuren Massen über einander. Dort kam der Strom aus dem Berge hervor, vierhundert Fuß unter dem Gipfel. Weiter am steilen Kegel hinauf finden sich solche Felsen, solche Blöcke nicht mehr; es sind nur schwarze und rothe Schlackenstücke, in mannigfaltig gewundenen Formen. Der ganze Kegel bis zum Gipfel hinauf ist aus solchen Stücken gebildet, und der Gipfel selbst, eine Ebene, scheint nur eine ungeheure Schlackenhalde zu sein. — Er hängt auf seiner hinteren, westlichen Seite mit dem Gebirge zusammen, welches Clermont umgiebt. Ich gehe nur hundert Schritt tiefer, um diese Verbindung zu erreichen, und ich sehe keine Schlacken mehr, als nur hin und wieder auf dem beackerten Felde zerstreut. Hingegen tritt an mehreren Orten Granit in Blöcken hervor; weißer, kleinkörniger Granit, sehr feldspathreich mit schwarzen Glimmerblättchen und Turmalin-Krystallen.

Aber gegen Norden zu stürzt sich der von hier aus fast gar nicht erhobene Vulkan mit äußerster Steilheit gegen Royat. Auch hier hin bricht in ähnlicher Tiefe unter dem Kegel ein solcher Strom aus. Ich verfolge ihn von oben wie einen schwarzen Damm über den Abhang bis in das Thal von Royat. Alle diese Ströme und diese Blöcke sind auf der Oberfläche porös, durchlöchert wie Schwämme, in der Tiefe werden sie nach und nach dichter, ganz unten sind sie völlig ohne erkennbare Poren, genau wie in den Strömen des Vesuvs. Aber es ist nicht Basalt, dazu fehlt der Grundmasse der Zusammenhalt, die Zähigkeit, die den Basalt so sehr charakterisirt. — Zwei Straßen durchschneiden den östlichen Strom, sie heben sich etwa 40 Fuß in die Höhe, laufen zwischen den zu den Seiten aufgehäuften schwarzen Blöcken gegen 400 Schritt fort, und senken sich dann wieder aus der Wildniß in die reichen bebauten Felder hinab.

Clermont liegt so nahe am Fuß des Gebirges, daß wir schon in der Vorstadt anfangen, es zu ersteigen. Es ist ein einziges Gebirge, welches durch ganz Auvergne fortläuft, das sich in Rouergue von den Cevennen trennt, und sich erst weit unter Riom in den Ebenen des Bourbonnais verliert. Die Straße drängt sich in mehreren Windungen an diesen Bergen hinauf. In ihrem oberen Theile ist sie gänzlich in Granit ausgebrochen; in einem kleinkörnigen Granit, der aus fast gleicher Menge Feldspath, Quarz und braunen und silberweißen kleinen Glimmerkrystallen zusammengesetzt ist. Es ist der Granit des ganzen Gebirges, denn auf der Höhe, dort wo die Berge sich wieder in eine weite Gebirgsebene ausdehnen, ist er kaum von wenigen Zollen Dammerde bedeckt, und fast immer noch von derselben Structur, wie tiefer herunter gegen Clermont. Die erste Gebirgserhebung liegt etwas über 900 Fuß über der Stadt. Von hier erst übersehen wir die ganze Kolossalgestalt des Puy de Dome von seinem ersten Ansteigen bis zum Gipfel hinauf. Gegen Südosten fällt er tief und mit großer Steilheit hinab; aber gegenüber auf der nördlichen Seite hängen sich ihm kleinere Kegel an, die mit breitem Gipfel bis zum Puy de Pariou fortlaufen.

Dem Puy de Pariou! dem auffallendsten, dem wunder=

barsten aller dieser merkwürdigen Berge. Denken Sie sich mein Erstaunen, als ich den Kegel auf zwei Drittheil seiner Höhe abgeschnitten und auf dem Gipfel die Oeffnung eines ungeheuren Kraters erblickte; so deutlich, so schön, als ihn der Vesuv nur aufweisen kann. Wir eilen über die Fläche, die sich eine Stunde lang sanft zu ihm heraufhebt; — plötzlich stellt sich uns ein Lavenstrom entgegen, noch rauher und wilder als die Ströme des Graveneyre. Wir sehen ihn sich in ein Thal (Vallon de Gressinier) von den Granitbergen herabstürzen, dort seine Breite verlieren und sich auf dem eng eingeschlossenen Boden anhäufen. Wir hatten den letzten Theil des Weges über Basaltmassen erstiegen; aber wie sehr ist davon die Masse dieser Lava verschieden! Alle Stücke, alle Blöcke auf der Oberfläche des Stroms sind porös und durchlöchert, und man erkennt in ihnen die Grundmasse nicht. Eine solche Masse bildet keine Basaltberge. Auch ist davon hier keine Spur. Es ist ein 600 Fuß breiter Damm über dem Boden, ein Gletscher aus Lavablöcken gebildet. Er führt uns ohne Unterbrechung höher hinauf gegen den Puy de Pariou. Bald wird er breiter, wo der Boden sanfter geneigt ist, bald schmäler und höher, und die Blöcke darauf wilder und größer, wenn die Fläche steiler aufsteigt. Zu den Seiten sehen wir den Boden tief mit schwarzem Aschensande bedeckt; ja weiterhin wechseln braune und schwarze Rapilli und Asche in Schichten mehrere Male über einander. Kein Halm, kein Blatt wächst auf der öden, trockenen Fläche. Endlich am Fuße des Berges häufen sich die Blöcke des Stroms zu der Höhe eines eigenen freistehenden Hügels, sie breiten sich hier nach allen Richtungen aus, und vereinigen sich erst tiefer hinab; von hier aus sind nun feste Blöcke klein, und nur sparsam über den Abhang des Kegels zerstreut; der ganze Berg ist wie der Graveneyre aus rothen, auf die sonderbarste Art gezogenen und gewundenen Schlacken gebildet. Locker liegen sie auf einander ohne Verbindung, als nur durch die Wurzeln der wenigen Pflanzen, die sie bedecken. — Und nun, da wir über die Schlacken die Höhe des Berges erreichen, sehen wir uns am Rande des größten, des schönsten Kraters aller erloschenen Vulkane. Ein ungeheurer Trichter, regelmäßig und vollkommen, als wäre er auf einer Form gedreht worden.

In seiner Tiefe ist eine Ebene, auf welcher die Pflanzen etwas freudiger wachsen. Einzelne größere Schlackenstücke liegen näher, doch aber so wenige, daß sie sich in der allgemeinen Ansicht verlieren. Der Boden dieses Kraters ist 230 Fuß unter dem oberen Rande, sein äußerer Umfang von 700 Schritt; es ist zugleich der äußere Umfang des Berges. Der Kegel selbst hebt sich 600 Fuß über die Fläche, 2433 Fuß über Clermont, 3553 Fuß über das Meer.

Es ist das allgemeine Modell der Phänomene und der Verwüstungen eines Vulkans, denn so offenbar liegen nicht Aetna und Vesuv vor uns. Hier übersehen wir mit einem Blicke, wie der Lavenstrom sich den Ausweg am Fuße des Vulkans eröffnet, wie er mit rauher Oberfläche sich den tieferen Punkten zustürzt, wie der Kegel darüber von unzusammenhängenden Schlacken aufgehäuft ist, den sich der Vulkan aus einem großen in der Mitte aufwarf. Das schließen wir zwar auch am Vesuv, aber wir sehen es nicht immer, wie am Pariou.

Die Bergreihe, welche den Puy de Pariou mit dem Puy de Dome verbindet, wird der kleine Puy de Dome genannt. Immer sind es nur Schlacken und Aschen, bis zum Fuß des größeren hin. Hügel und Thäler von 60 bis 100 Fuß Höhe wechseln hier in kurzen Entfernungen. Aber solche schreckliche Oede, solche Verwüstung giebt es selbst am Vesuv nicht. Die kleinen Rapilli rollen wie Glas über einander. So trocken, so wüst und so todt sah ich noch nie eine Gegend. An den Schlackenhügeln hängen noch hie und da Schneemassen, von denen sich kleine Bäche herabstürzen. Aber sie erreichen die Tiefe nicht, sie fallen nur 20 Schritt, dann sind sie verschwunden, als solle auch nicht einmal diese Spur von Leben hier verweilen. Der lockere Boden saugt jeden Tropfen begierig in sich, und er bleibt dürr und verbrannt wie im Anfange, da ihn die Gewalt des Vulkans herauswarf. Mitten in dieser fürchterlichen Einöde senken sich einige kleine Krater in die Tiefe, von welchen der eine, le Nid de la Poule, fast noch regelmäßiger geformt ist, wie der des Pariou, nur in minder großen Verhältnissen. Er ist völlig kreisrund von 300 Fuß Umfang und von mehr als 80 Fuß Tiefe. Aber er liegt nicht auf dem

Gipfel der Hügel, diese heben sich über seinen Rand noch bis gegen 200 Fuß hoch.

Wenige hundert Schritt weiter erreichen wir den Fuß des Puy de Dome, der plötzlich und steil aus den Schlacken heraufsteigt, ohne äußere Trennung. Aber wie groß ist nicht der Contrast mit dem, was ihn umgiebt! Seine Abhänge sind mit Blumen und Pflanzen bedeckt, und wo der Fels hervortritt, ist es ein weißes, zusammenhängendes Gestein, ohne Spuren von Schlacken und Brand. Er ist nicht einmal einem Granitberge ähnlich und selbst weniger rauh und felsig, als eine Höhe aus lockerem Sandstein. Und doch giebt es vielleicht wenig isolirte, so anhaltend steil ansteigende Berge, beinahe 1000 Fuß auf der einen und 1700 Fuß auf der gegenüber stehenden Seite. Sein Gipfel ist nicht spitz, wie er es von Clermont aus scheint, sondern ist vielmehr eine für diese Lage ausgedehnte und etwas gegen die Mitte eingesenkte Ebene, die aber dessen ungeachtet einem Krater unähnlich ist. Auf der südöstlichen Seite wird sie durch einige Felsmassen begrenzt, die von hier am ganzen Abhange des Berges wie ein Grat herablaufen. Felsen, die bei dem ersten Anblick wie Granit unzerstörbar zu sein scheinen, aber die uns nicht wenig überraschen, wenn wir sie bei näherer Untersuchung weich finden, wie einen Schwamm. Mit Recht hat dieses Gestein von je her die Aufmerksamkeit der Naturforscher auf sich gezogen, denn in den höheren Gebirgen finden wir nichts, was wir mit dieser Gebirgsart vergleichen möchten. Sie ist ein Porphyr, wenn wir auf ihre Zusammensetzung sehen, und Porphyr jedes Gestein nennen, in welchem eine Grundmasse Krystalle, die ihrer Natur fremdartig sind, eingeschlossen enthält. Es ist eine eigene, bis jetzt nie bestimmte, namenlose Gebirgsart, wenn wir ihre Lagerungsverhältnisse betrachten. Ihre Grundmasse ist graulich-weiß, matt im Schatten, aber höchst feinkörnig in der Sonne, so weich, daß sie oft zerreiblich zu werden anfängt, und doch ist sie spröde und klingend in einzelnen Stücken. Die ihr eingemengten Mineralien sind eine große Menge kleiner, weißer, oft fast durchsichtiger Feldspathkrystalle, welche durch ihren Glasglanz höchst auffallen. Dabei sind alle Krystalle der Länge nach durch kleine Risse zertrennt und ihr Bruch scheint häufig kleinmuschlig zu werden. Zwischen

dem Feldspath liegen eine Menge schwarzer und brauner Glimmerblättchen zerstreut, völlig wie man sie im Granit findet; und an vielen Orten des Berges, vorzüglich am östlichen und westlichen Fuße, gesellt sich zu diesem Glimmer noch Hornblende.

Die ganze Masse des Berges ist durchaus von diesem Gestein, und dort, wo es sich in freistehenden Felsen zeigt, hat es völlig das Aeußere des Granits, eben die häufige Zerklüftung, eben die Zertrennung in große Rhomboiden, ohne doch dabei eine bestimmte Richtung und Neigung von Schichten zu offenbaren. Es ist eine eigene Gebirgsart, denn sie ist in ihrem Innern durchaus vom Granit verschieden, mit welchem wir sie doch nur allein vergleichen könnten. Lassen Sie sie uns denn auch als eine für sich bestehende Gebirgsart betrachten, und erlauben Sie, daß ich sie Ihnen Domit nennen darf, bis man sie mit einem schicklicheren Namen (Trachyt) belegt haben wird."

Diese lebhafte Darstellung wird Ihnen ein Bild der pittoresken Gegend des mittleren Frankreichs gegeben haben, welche den Namen der Auvergne führt. Es ist ein großes, granitisches Plateau, hin und wieder mit einer Decke von Basalt belegt, aus welchem sich einzelne hohe Kuppen von Trachyt und zahlreiche vulkanische Kegel erheben, von denen letzteren lange, wilde Lavenströme ausgehen, die mitunter über das Plateau hinaus, bis in das fruchtbare Thal des Allier, in die Limagne, sich ergießen. Sie haben gesehen, wie ein aufmerksamer Beobachter in diesem Terrain, neben den Merkwürdigkeiten der starren vulkanischen Leichen, welche das Feld bedecken, eine neue Gebirgsart auffindet, deren Eigenthümlichkeit er nicht bloß auf eine ihm neue Zusammensetzung, sondern auch auf ein neues, absonderliches Verhalten gegen die bekannten Gesteine der Gegend begründet. Sie haben wahrnehmen können, was Ihnen vorzuführen stets mein Bestreben gewesen ist, nicht bloß wie man beobachtet, sondern auch auf welche Weise man an das Beobachtete Folgerungen zu knüpfen sich erlauben darf. Sie haben erkennen können, wie neben der lebendigen Gegenwart, die todte Vergangenheit mitwirken muß, um unsern Blick in den Gebieten der Natur zu klären.

Die erloschenen Vulkane der Auvergne sind die nördlichsten

unter den ehemaligen Feuerbergen von Frankreich. Die Gegend an den Loire-Quellen, im Velay, schließt sich zunächst daran, sodann die Ausbruchs-Oeffnungen auf der Ostseite der Cevennen gegen das Rhone-Thal hin, im Vivarais. Beide, nahe bei einander liegende Gebiete scheinen auch in einer näheren Beziehung rücksichtlich ihrer vulkanischen Erscheinungen zu stehen. Die vulkanischen Berge auf dem hochgelegenen Plateau des Velay bestehen nur aus Schlacken-Ausbrüchen, nirgends ist ein Lavenstrom von ihnen ausgegangen, und unterscheiden sich dadurch wesentlich von den Ausbruchskegeln des Vivarais. Sie sind nur die Essen gewesen, aus denen die Dämpfe des Innern hervorbrachen, einzelne schlackige Massen mit sich emporreißend, indeß aus tiefer gelegenen Oeffnungen im Vivarais die im Innern des Gebirges angehäuften Laven zum Abfluß gelangten. Ganz wie aus einem riesigen Ofen die Dämpfe der Glut mit Funken und Aschen dem Schlote entweichen, während der flüssige Strom geschmolzener Massen aus seinem Fuße hervorbricht. Das Gneuß-Plateau der Cevennen war hier der hohe Ofen, in dessen weitem Bauche die von einer früheren Schmelzarbeit zurückgebliebenen basaltischen Gesteine von vulkanischen, erhitzten Dämpfen noch ein Mal durchgeschmolzen wurden.

Der südlichste französische Vulkan liegt hart am Rande des Mittelländischen Meeres, zwischen Montpellier und Narbonne, dicht bei dem Städtchen Agde. Der beträchtliche Krater hat zwei Lavenströme ergossen, auf deren einem die Stadt Agde steht. Der andere, welcher sich dem Meere zuwandte, bildete ein vorspringendes Stück Land und eine kleine Insel in geringer Entfernung von der Küste.

Wenn wir nun noch der Gruppe erloschener Vulkane Erwähnung thun, welche am Südrande der Pyrenäen, im Beginn des Thales der Fluvia bei Olot sich finden, und ansehnliche, lange Lavenströme stundenweit in diesem Thale herabgeschickt haben, und vereinzelter Vorkommnisse im südlichen Theile des Königreichs Murcia, so wie des Albaner Gebirges bei Rom, der Roccamonfina, des Vultur und des Monte Gargano im Neapolitanischen, so haben wir wohl die wichtigsten erloschenen Vulkane des europäischen Festlandes angeführt. Es bleibt nur der griechischen Inseln und einiger Vorkommnisse

auf Sardinien zu gedenken, um den Kreis unserer Betrachtungen für Europa zu schließen.

In anderen Welttheilen fehlt es, wie im unsrigen, nicht an Spuren erloschener vulkanischer Thätigkeit, nur besitzen wir von ihnen nicht so ausführliche Nachrichten, daß es nützlich erschiene, hier näher auf die Anführung derselben einzugehen.

Zweiunddreißigster Brief.

Europäische Vulkane.

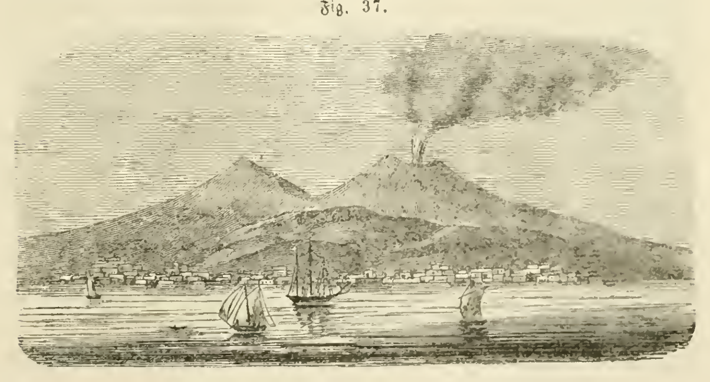
Wenn ich bemüht gewesen bin durch das Vorhergehende Ihnen ein Bild der Vorgänge aufzurollen, welche in Folge der vulkanischen Thätigkeit auf unserem Planeten sich entwickeln; wenn ich Sie auf die bleibenden Veränderungen hingewiesen habe, welche durch diese Thätigkeit in der festen Erdrinde hervorgebracht worden sind, so werden Sie wohl durch dies Alles eine Menge von Eindrücken empfangen haben, von denen hoffentlich auch einige bleibend sind, aber Sie werden, irre ich mich nicht, den Wunsch noch haben, das Erfahrene an einigen wenigen, speciell und klar vor Ihnen dargelegten Beispielen von Vulkanen, einfacher festzuhalten. Darum erscheint es mir nicht ungeeignet, wenn ich es versuche Ihnen in gedrängter Kürze die Bilder einiger Vulkane vorzuführen, unter denen zunächst die europäischen wohl Ihre Theilnahme am lebhaftesten erregen werden. Lassen Sie uns zuerst des Vesuv noch ein Mal gedenken.

Wer mit einiger Kenntniß geologischer Vorgänge und mit einigem Interesse für dieselben nach Neapel gelangt, der ist vor Allem darauf gespannt den Berg zu sehen, welchen die Bewohner von Neapel gewöhnlich nur il monte zu nennen pflegen, weil er für sie vor allen andern von Bedeutung ist. Die Erwartung ist um so mehr gesteigert, als Abbildungen eine ungefähre Vorstellung von dem gegeben haben, was zu erblicken ist, aber was helfen Abbildungen da, wo es sich um den Eindruck einer großartigen Natur-Scenerie handelt. Hören Sie, wie

unser oft citirter Freund Buch mit jugendlicher Lebhaftigkeit seine erste Ankunft in Neapel schildert.

„Im Februar des Jahres 1799 sahe ich Neapel und den Vesuv zum ersten Male. Ich vergesse den Eindruck nicht. Es war ein schöner Frühlingsmorgen. — Wir hatten Capua fast mit Tagesanbruch verlassen, und die Fläche, über die wir der Hauptstadt zurollten, das Leben der Menschen, die mit schwer beladenen Lastthieren neben uns eilten, ihre Früchte vor dem heraufrückenden Tage zu verkaufen, — die fleißigen Arbeiter, die in den Spitzen der Pappelwälder zu beiden Seiten des Weges den Wein von Baum zu Baum führten, — eine fröhliche Saat unter ihrem wohlthätigen Schatten; — in der Ferne Olivengebüsch an dem heraufsteigenden Apenninengebirge — alles rief uns beruhigend zu, daß wir die Zaubergegend der campanischen Gefilde betreten, die Gegend des Garigliano, über die eine feindselige Macht zu herrschen scheint, jetzt verlassen hätten. Ein dünner Nebel bedeckte im Süden den Horizont. — Plötzlich vor Aversa verschwand er, — und erhaben stand sie vor uns, die doppelte Spitze des ewig brennenden Vesuvs. — Ein unwillkürlicher Ausruf: da ist er! war mir die erste Wirkung des nun erfüllten, so oft getäuschten Verlangens. — Die Oeffnung des schwarzen, nach der See hin sich neigenden Kraters stieg über den Somma hervor. Aus seiner Mitte sahen wir kleine Rauchsäulen sich erheben, die über ihm zusammenflossen, und in der Höhe als eine lichtweiße Wolke sich auf den Seiten verbreiteten. — Ein prächtiger Anblick! — Die

Fig. 37.



Wolke stand hoch und schien den großen Berg mit dem Himmel selbst zu verbinden.

Ich eilte an das Ufer des Meeres, um mich durch unmittelbare Ansicht von der Nähe des großen Gegenstandes zu überzeugen, in dessen Wirkungskreis ich mich zu sein dünkte. Aber — so vorbereitet ich sein mogte, so übertraf doch meine gespannte Erwartung bei weitem die Majestät, mit welcher ich den Koloß hinter dem Palazzo Reale plötzlich aus dem Spiegelgewässer des Golfs sich hervorheben sahe. — Unten — die Fülle des Lebens, Haus an Haus gedrängt in unabsehlich fortlaufender Reihe; Orangen- und Citronen-Wälder darüber und reiche Weingärten. Dann bis zu den Wolken die graue, dürre Kegelspitze des Berges, die der große Somma umfaßt, der weit gegen Neapel hin seinen Fuß in die Ferne fortsetzt. Der ungeheure schwarze Krater öffnet sich drohend gegen die Stadt. Dünne weiße Rauchsäulen steigen in gewaltiger Höhe aus seinem Innern herauf, und schwarze Lavenströme ergießen sich von allen Seiten über den reichen fruchtbaren Abhang. — Ich sahe deutlich den Strom, der 1767 Neapel selbst zittern machte, wie er, aus einer Kluft hervor, sich über die Fläche verbreitete. Ich sahe den gewaltigen Strom, der Torre del Greco zerstörte, und die große furchtbar schwarze Lavaebene zwischen dem Somma und dem schroffen Kegel des Vesuvs. — Das Apenninengebirge selbst schien diesem mächtigen Berge zu huldigen. In blauer Ferne sahe ich es hinter dem Vesuv erst hervorkommen, wo sein Fuß sich sanft und allmälig in das Meer bei Torre del Annunziata verliert; — und die schönen Berge jenseit des Golfs, an deren Fuß Castell-a-mare, Vico, Sorrento glänzend weiß herüber scheinen, sehen gegen die gewaltige Vesuvmasse nur Hügeln gleich."

Der Vesuv gehört nicht mehr zu den Apenninen. Die vulkanischen Gebilde, denen er jetzt als Mittelpunkt dient, bilden in der Umgegend von Neapel eine weite Zone längs dem Meere hin, die nach dem festen Lande zu sehr unregelmäßige Grenzen zeigt, und am Meeresufer von Castell-a-mare im Süden bis Castiglione im Norden sich erstreckt. Ringsum wird diese vulkanische Zone von den geschichteten Gesteinen der Apenninenkette eingeschlossen, und das Vorgebirge von Sorrento, im

Süden der Bucht von Neapel, bildet einen Ausläufer der Apenninen, durch den die vulkanischen Gebilde nach Süden begrenzt sind. Der Boden dieser vulkanischen Zone, auf welchem Neapel und Capua stehen, bildet das schöne, reiche Campanien, für das die römischen Soldaten ihr Capitol vergessen wollten.

„Aber es giebt auch wenig Plätze in der Welt, wo die Natur alle ihre Gaben so, bis zur Verschwendung, reichlich ausgegossen hätte. Du pflanzest einen Baum, und er wächst in kurzer Zeit schwelgerisch breit und hoch empor; du hängst einen Weinstock daran, und er wird stark wie ein Stamm, und seine Reben laufen weit ausgreifend durch die Krone der Ulme; der Oelbaum steht mit bescheidener Schönheit an dem Abhange der schützenden Berge; die Feige schwillt üppig unter dem großen Blatte an dem gesegneten Aste; gegenüber glüht im sonnigen Thale die Orange, und unter dem Obstwalde wallt der Weizen, nickt die Bohne, in reichlicher, lieblicher Mischung. Der Arbeiter erndtet dreifach auf dem nämlichen Boden in Fülle, Obst, Weizen und Wein; und Alles ist üppige ewig jugendliche Kraft." So schildert Seume, der syrakusanische Wanderer, die Schöne der Gegend.

Ein regelmäßig geschichteter Bimstein-Tuff, mit mergligen Schichten wechselnd, bildet den Boden. Der Tuff selbst ist hauptsächlich aus Brocken trachytischer Gesteine von verschiedener Größe zusammengesetzt, die durch einen feineren Kitt derselben Natur verbunden sind. An einigen Stellen finden sich Rollsteine von Kalk oder festerem Trachyt in der zusammengekitteten Bimsteinmasse. An vielen Orten zeigen sich senkrechte, kaminartige Schlote und Höhlen, welche davon herzurühren scheinen, daß Gase, durch die noch wenig erhärtete Masse hindurch, sich entbanden. Die regelmäßige Schichtung läßt schließen, daß die Lager selbst sich unter dem Wasser abgesetzt haben, und in der That beweisen auch zahlreiche Meeresmuscheln, die man an vielen Orten in dem Tuffe gefunden hat, hinlänglich deutlich, daß sich der Bimstein unter dem Meere abgelagert hat, und später erst aus demselben hervorgehoben wurde. Die Identität der aufgefundenen Muscheln mit den noch jetzt im Mittelmeere lebenden scheint zu beweisen, daß die Bildung dieses Bimstein-Tuffes der jetzigen Schöpfungsepoche angehöre.

Aus diesen Tuffschichten erhebt sich, nahe an der südlichen Grenze derselben, der Kegelberg des Vesuv als eine durchaus isolirte Bergmasse, aus zwei wesentlich verschiedenen Theilen bestehend, nämlich dem eigentlichen Kegel, und einem hohen, halbkreisförmigen Gürtel, der Somma, welcher den eigentlichen Vesuv zur Hälfte umgiebt, nach dem Meere hin aber ihn frei läßt. Die Somma besteht aus regelmäßigen Schichten von etwa 8 bis 10 Fuß Dicke, die nach außen hin unter einem Winkel von 20 bis 30 Graden abfallen, und an dem innern Halbkreise, dem Kegel gegenüber, einen außerordentlich steilen, fast senkrechten Absturz bilden. Das Gestein, welches diese Schichten zusammensetzt, ist der Leucitophyr, ein geflossenes, dichtes Gestein von granitartiger oder porphyrischer Structur, von grauer Farbe, in dessen Grundmasse Krystalle von Leucit und Augit eingeschlossen sind. Die Oberfläche der Schichten ist oft schlackig, während die größere Masse durchaus körnig und krystallinisch ist. Der höchste Punkt der Somma, die einen fast gleichmäßig hohen, scharfen, gekrümmten Kamm bildet, der nach dem Kegel hin fast senkrecht, nach der Ebene zu viel sanfter abfällt, die Punta Nasone, wird nicht etwa von Schlacken oder Auswürflingen, sondern von einer 20 Fuß dicken Schicht des Leucitophyrs gebildet. Eine große Menge mehr oder weniger verzweigter Gänge durchsetzen diese Schichten senkrecht von unten nach oben. Die meisten derselben hören in gewisser Tiefe auf, so daß nur die tieferen Schichten von ihnen durchbrochen werden, und diese Gänge offenbar Spalten darstellen, welche von unten herauf durch flüssige Lava- oder Gesteins-Masse erfüllt worden sind. Die Ausfüllung oder Gangmasse, welche sich in ihnen findet, ist meist derselbe Leucitophyr, welcher auch die geschichteten Lager bildet, nur in ausschließlich compacten Massen. Im Allgemeinen sind diese Gangmassen um so compacter, je schmaler der Gang ist. Auf dem äußern Umfange ist die Somma von demselben Bimstein-Tuff bedeckt, der in der Ebene liegt, und sich von ihr bis zu einer ansehnlichen Höhe an den Gehängen der Somma hinaufzieht. Man hat selbst Tuffblöcke noch an dem Rande des inneren Absturzes gefunden, ein Beweis, daß der Tuff eine vollständige Bedeckung auf den Gesteinen der Somma machte, die allmälig abgewa-

schen wurde, und jetzt um den Halbkegel der Somma noch einen Mantel bildet, ähnlich wie dieser als eine Rinde um den Kegel des Vesuv liegt.

Der eigentliche Kegel des Vesuv steigt plötzlich mit steilen Gehängen aus der Hochfläche, le Piane genannt, empor, welche die Basis desselben ausmacht. Der steile Abfall des Aschenkegels beträgt im Mittel ungefähr 33 Grad, und zeigt daher ein so steiles Gehänge, wie man nur bei wenigen Bergen wahrzunehmen Gelegenheit hat. Nach unten breitet er sich etwas aus und geht allmälig in die Fläche der Piane über, deren Abfall erst langsam, dann schneller und zuletzt wieder ganz allmälig bis zum Meere verläuft. Der Krater, welcher sich genau an der Spitze des oberen steilen Aschenkegels befindet, ist eine ovale Höhlung von ungefähr 2300 Fuß im längeren und 2100 Fuß im kürzeren Durchmesser, der auf drei Vierteln seines Umfangs von senkrecht abstürzenden Wänden umgeben ist, während auf einem Viertel die Wände zerfallen und eingestürzt sind. Im Nordwesten erhebt sich die Kraterwand zu ihrer bedeutendsten Höhe und bildet dort den höchsten Punkt des Vesuv, die Punta del Palo, welche 3700 oder 3723 Fuß über das Meer erhoben ist. Der Boden des Kraters bildet, wie schon oben beschrieben wurde, eine fast horizontale Ebene, die jedoch mit großen Unregelmäßigkeiten, mit Blöcken von Laven, Schlacken und Aschen bedeckt, und von zahlreichen Spalten durchzogen ist, aus welchen Dampf quillt. In der Mitte dieser Kraterebene zeigt sich der sehr veränderliche Schlund, der mit jeder Eruption sein Ansehen wechselt, und heute in einem Kegel, morgen in der Mitte einer trichterförmigen Vertiefung liegt, je nach den besonderen Verhältnissen des Ausbruches. Die Seiten des Kegels sind rundum von Aschen und Schlackenmassen überschüttet. Die Lavenströme sind entweder auf der freien Seite des Kegels nach dem Meere hin geflossen, oder sie haben sich in dem ringförmigen Thale angesammelt, welches am Fuße des Kegels zwischen diesem und dem senkrechten Absturz der Somma sich hinzieht und das Atrio del Cavallo genannt wird.

Wenn man daher den Vesuv im Großen und Ganzen betrachtet, so zeigt er sich, wie der nachfolgende von Nord nach

Süd gerichtete ideale Durchschnitt erläutert, aus folgenden Theilen zusammengesetzt:

Fig. 38.



Zuerst aus dem Tuff der Ebene, welcher an dem Abfall der Somma (a) weit hinaufsteigt; sodann aus dem Atrio del Cavallo (b), dem halbmondförmigen Thale, an dessen westlichem Anfange das oft erwähnte Haus des Eremiten, so wie jetzt auch ein physikalisches Observatorium, auf einem Tuffrücken, dicht vor dem Beginn der Somma stehen. Dann der Kegel des Vesuv, dessen Kraterrand (cc) an der Nordseite seine höchste Stelle, die Punta del Palo, hat; inmitten des Kraters, bald höher, bald niedriger gelegen, der kleine Kegel (d). Durch ihn sind schwarze Lavenmassen emporgestiegen und haben sich zum Theil am Abhang des äußeren Kegels herabgestürzt, sowohl in das Atrio del Cavallo, als nach der andern Seite, zum Theil sind sie am Fuß des Kegels, auf den Piane hervorgebrochen, und haben dort ganz kleine Ausbruchskegel (e), wie die Bocche nuove von 1794 sind, zurückgelassen. Die Lavenströme bedecken sowohl die Piane, als den weiteren Abhang, bis zum Meere hin, zum größten Theil, so daß nur hin und wieder einzelne schmale Streifen zwischen ihnen sichtbar bleiben, auf denen Tuff, wie an der Somma, zum Vorschein kommt. Von Portici bis über Torre del Annunziata hinaus wird der Strand des Meeresspiegels (m m) nur von Laven gebildet, aus denen sich mitunter kleine Ausbruchskegel, wie der, auf welchem das Kloster Camaldoli della Torre steht, hervorheben.

Der Masse nach begegnen wir: entweder dem Tuff der Ebene, der an den Wänden der Somma heraufzieht und westlich von Bosco reale über Pompeji fort bis Castell-a-mare reicht, südlich vom östlichen Ende der Somma noch den Vorberg des Eremiten bildet, am Nordrande des Fosso grande fortsetzt, und so in fast gerader Linie Portici erreicht, von dort weit über Neapel hinaus die Oberfläche bedeckend; oder dem Leucitophyr der Somma, dessen Lagen fast einen Halbmond um

den Kegel bilden, von dem man aber wohl annehmen muß, daß seine andere Hälfte gegenüber in der Tiefe verborgen liegt; oder den neueren Producten von Aschen, Schlacken, Laven, welche den Schlot erfüllen, den Kegel bilden und über die Gehänge, besonders nach dem Meere hin, sich wie ein weiter Mantel ausgebreitet haben. An der Südseite des Fosso grande sah man ehemals in der Tiefe die Oberfläche des versenkten Tuffs, der an der Nordseite eine Wand von 150 bis 200 Fuß Höhe machte, und über demselben drei gewaltige Lavenschichten, deren jede 20 bis 30 Fuß an Dicke hatte. Und das war eine der noch am wenigsten verheerten Stellen.

Berücksichtigt man die Aufeinanderfolge, in welcher diese verschiedenen Gebilde sich erzeugt und ihre jetzige Stellung eingenommen haben, so ergiebt sich zuerst aus der Art der Zusammensetzung der Leucitophyre an der Somma, daß diese ursprünglich auf fast horizontalem Boden geflossen sein müssen; daß über diesen horizontalen Lavafeldern sich auf dem Boden des Meeres die Lager des Tuffes absetzten, welche durch ihre zahlreichen Muscheln und Schnecken eine solche marine Entstehung nachweisen, daß später die Somma mit den auf ihr ruhenden Schichten des Tuffs gehoben wurde, und daß endlich aus dem Erhebungskrater der Somma der neue Vulkan emporstieg, der mit seinen Gebilden die vom Meeresboden heraufgehobenen älteren Schichten wiederum bedeckte. Für die ersten Bildungs-Perioden: für das Fließen der Somma-Gesteine, die wahrscheinlich aus Spalten des Meeresbodens hervordrangen; für die Aufschüttung der Tuffmassen unter der Decke des Gewässers; für die Aufrichtung des Sommakegels durch innere Erhebung; — für diese Perioden haben wir keinen historischen Nachweis, wohl aber für die Bildung des jetzigen Kegels, die, wie oben schon erläutert worden ist, aus dem Jahre 79 v. Ch. von dem Ausbruche herstammt, der Herculaneum und Pompeji verschüttete und dem älteren Plinius das Leben kostete.

Die Aufschüttung des jetzigen mittleren Kegels mit der Punta del Palo scheint das Resultat jenes ungeheuren Ausbruchs gewesen zu sein, wenn es auch auf der andern Seite wahrscheinlich ist, daß der Kegel sich erst nach und nach zu seiner jetzigen Höhe erhoben hat. Die Punta del Palo hat jetzt

200 Fuß mehr, als die Somma, und alle Zeichnungen und Gemälde drücken diesen Unterschied sehr wohl aus. Im Museum von Neapel befinden sich aber zwei Gemälde aus der Zeit des Masaniello (1647), in welchen der Gipfel des Vesuv bedeutend niedriger erscheint, als der der Somma, und da man wohl annehmen darf, daß der Maler die Form eines Berges, den die Bewohner Neapels täglich vor Augen haben, nicht verunstalten konnte, so scheint daraus hervorzugehen, daß vor 200 Jahren der Kegel des Vesuv noch nicht die Höhe der Somma erreicht hatte.

Die Laven, welche in neuerer Zeit vom Vesuv ausgestoßen wurden, sind meist vom Krater oder vom Fuße des Kegels ausgegangen und haben erst in der Nähe des Meeres, auf dem sanfteren Gehänge des Strandes sich aufgestaut und dadurch eine größere Mächtigkeit erreicht, während an den stärkeren Böschungen des Berges nur Schlacken oder unzusammenhängende Blöcke zurückblieben. An einigen Punkten, wie bei Torre del Greco, wo der Strom von 1794 das Meer erreichte, finden sich sehr schöne Säulenreihen, welche die Lava in ihrem unteren Theile, durch die Erkaltung vom Meeresboden aus, annahm. Die Säulen unterscheiden sich in ihrer Form gar nicht von denen des Basalts, und sind daher gewiß ähnlichen Ursprungs. An anderen Orten haben diese Säulen noch eine Art schiefriger Quertheilung und bilden dadurch Platten, welche zu dem vortrefflichen Straßenpflaster von Neapel verwendet werden. Die Eisenbahn, die von Neapel nach Castell-a-mare führt, durchschneidet jetzt den säulenförmigen Lavenstrom, so daß man dessen eigenthümliche Structur in ihrem Durchstich klar erkennen kann.

Wenn das bisher Gesagte hoffentlich dazu dienen wird, Ihnen den Vesuv in seiner Ganzheit einigermaßen deutlich vorzuführen, so will ich nun versuchen Ihnen auch den Aetna in einigen allgemeinen Zügen hier zu schildern. Der Aetna erhebt sich an der Ostseite Siciliens auf einer weiten kreisförmigen Basis, die im Durchschnitt fünf Meilen im Umkreise hat, und an der Küste einen leichten Vorsprung in das Gewässer hinein bildet.

Diese ebene Basis, die nur sehr allmälig zu dem Kegelberge hinansteigt, ist umgeben von einem weiten Gürtel von

Kalk und anderen sedimentären Schichten, welche meist der Formation der Kreide angehören, so daß der Aetna wirklich eine ganz isolirte Masse darstellt, die mit der Umgebung gar keinen Zusammenhang besitzt. Was am meisten an der Form des Aetna auffällt, ist die geringe Erhebung seiner Gehänge, die ihn nicht wie einen Kegel erscheinen lassen, sondern mehr wie ein schwach gewölbtes Schild, auf dessen Mitte ein erhabener Buckel aufgesetzt ist. Rundum ist dieses Schild von den umgebenden Gesteinen durch eine Schlucht abgeschieden, ein vertieftes Thal, das westlich und südlich den Simeto, nördlich den Onobola aufnimmt. Da im Osten das Meer ist, so befindet

Fig. 39.



sich der Aetna wirklich vollkommen, wie auf einer Insel, durch Wasser isolirt. Nach dem oben Gesagten kann man die schildförmige Basis und den mittleren Buckel als wesentlich verschiedene Theile von einander unterscheiden, und die Ansicht von Lentini aus, welche Sie schon ein Mal gesehen haben, giebt ein sehr deutliches Bild dieser Structur.

Fig. 40.



Die Anwohner des Aetna unterscheiden an dem Berge drei Regionen: die cultivirte Region, an dem Fuße der schildförmigen Basis, die höchstens 3 Grad Abfall hat; die Waldregion (il Bosco), oder den oberen Theil des Schildes, mit etwa 8 Grad Neigung; und endlich den mittleren Buckel, den sie für sich allein den Mongibello nennen. Der Buckel selbst, die Regione netta, gleicht einem elliptischen Kegel, der auf der einen Seite zusammengestürzt ist, und höchstens 32 Grad Gehänge hat. Der eingestürzte Theil bildet ein weites Amphitheater, nach dem Meere geöffnet, von senkrechten Wänden umgeben, in das Sie die nebenstehende Abbildung von der nordöstlichen Seite einen Blick thun läßt. Es wird das Val del Bove genannt. Der mittlere Buckel steigt bis zu einem fast ringförmig ausgebreiteten, verhältnißmäßig ebenen Absatze, dem Piano del Lago, auf welchem das aus dem griechischen Alterthume stammende Monument, das dem Empedokles zugeschrieben wird, die Torre del Filosofo (T. d. F. auf der vorhergehenden Karte), und eine neuere Hütte, die Casa Inglese (C. I. der Karte), erbaut sind. Ueber dem Piano del Lago erhebt sich nun der scharf begrenzte und abgesetzte Aschenkegel, dessen Gestalt und Höhe mit jeder Eruption sich verändert und zuweilen ganz in einen großen Kraterschlund sich verwandelt. Der Krater selbst bildet ein mittleres Loch in diesem abgestutzten Aschenkegel, das horizontal ausgefüllt zu sein pflegt.

Der Aetna ist, wie schon oben erwähnt wurde, besonders ausgezeichnet durch die große Menge von parasitischen Eruptionskegeln, welche überall auf seinem Schilde aufsitzen, und

Fig. 41.



Blick von den Höhen bei Zaffarana

durch das Val del Bove auf den Piano del Lago und die Spitze des Aetna.



von denen viele auch Lavenströmen zum Ausbruchsorte gedient haben. Diese Lavenströme sind nach allen Seiten gleich Bächen hervorgebrochen und haben an einigen Stellen das Meer, so wie die Thalbetten des Simeto und Onobola erreicht. Es wird Ihnen aus dem früher über die Lavenströme Gesagten erinnerlich sein, daß Lavenströme nur auf wenig geneigten Gehängen sich ausbreiten, und daß man im Ganzen das Gesetz aufstellen kann, ein Lavenstrom werde um so breiter, je geringer sein Gefälle ist. Am Aetna, wie am Vesuv sind daher die Ströme oben, wo das Gefälle groß ist, oft nur wenige Fuß breit, erweitern sich aber, je tiefer sie herabkommen. Um dieses Verhältniß anschaulich zu machen, wurden auf der Karte die Lavenströme von 1663 und 1832 nach ihren richtigen Verhältnissen eingetragen und es ist leicht zu verstehen, daß im Laufe der Zeit viele Lavenströme einander gedeckt haben und über einander hingelaufen sind.

Die Structur des Aetna selbst erhellt am besten aus der eines gewaltigen eingestürzten elliptischen Thales, des Val del Bove, das Sie auf dem vorhergehenden Blatte (Fig. 41) zum Theil abgebildet sehen. Die steilen Wände dieses, auch auf der Karte bezeichneten Thales, bestehen aus mehreren Hunderten von vollkommen regelmäßigen Schichten, die meistens hellgrau oder bräunlich sind und wie die jetzigen, im Allgemeinen schwärzeren Laven des Aetna, aus Labrador, Augit und Olivin zusammengesetzt sind. Die mineralogische Beschaffenheit ist demnach von derjenigen der jetzigen Laven nur sehr unbedeutend verschieden, während die gleichmäßige Mächtigkeit und Erstreckung der Schichten eine bedeutende geologische Verschiedenheit von den jetzigen Laven andeutet. In den Gehängen des Val del Bove wechseln deutlich geflossene Schichten mit Lagern von Tuff und Conglomeraten ab, und im Durchschnitt haben dieselben etwa 6 bis 8 Fuß Mächtigkeit. Diese Schichten sind durchaus gleichmäßig gegen den Mittelpunkt des Berges hin gehoben.

Der Boden des Val del Bove ist ganz von neueren Laven und Schlackenmassen bedeckt, so daß man keine weiteren Aufschlüsse aus seiner Untersuchung erhält. An dem oberen Theile, wo das Thal gegen den Kegel des Berges hin sich schließt, an den Abhängen des Serre del Solficio,

die Sie in dem Bilde gerade vor sich haben, erscheinen die Lagen ganz horizontal, während sie an den Wänden, zu beiden Seiten, stark nach außen hin fallen. Man bemerkt in Beschaffenheit und Verhalten dieser Schichten durchaus keinen Unterschied, ob sie nun geneigt sind oder horizontal. Denkt man sich einen Durchschnitt von West nach Ost durch den Aetna gelegt, der mitten durch das Val del Bove geht, so erkennt man leicht, daß dieses Thal hier nur einen fehlenden Theil des Buckels darstellt, welcher in einem Durchschnitt von Nord nach Süd vollständig und ungestört erscheinen würde. Das Val del Bove zeichnet sich außerdem noch durch eine ungeheure Menge von Gängen aus, welche die Laven- und Conglomeratschichten kreuzend durchsetzen und, obgleich von derselben mineralogischen Beschaffenheit, doch weniger leicht verwittern. Sie stehen daher aus den Wänden wie Leisten hervor. Ihre Zahl nimmt gegen den mittleren Kegel hin zu. Sie durchkreuzen sich oft und verwerfen sich, so wie die geschichteten Lagen, und sind daher nicht alle von demselben Alter, sondern stammen aus vielleicht sehr verschiedenen Zeiten.

Bedenkt man nun diese geschichtete Structur des mittleren Buckels am Aetna; die geringe Mächtigkeit der neueren Lavenströme und losen vulkanischen Producte, die nur eine Art Mantel über die älteren Schichten geworfen haben, welche letztere durch den Riß des Val del Bove zum Vorschein kommen; bedenkt man ferner die Ungleichheit der Gehänge am Aetna, die markirten Absätze zwischen dem Schilde, der Basis, dem mittleren Buckel und dem Aschenkegel: so sieht man ein, daß der Aetna nicht durch Aufeinanderschichtung von Materialien neueren Ursprungs entstanden ist, sondern daß die älteren lavenartigen Gesteine, welche das Val del Bove bloßlegt, in fast horizontaler Lage geflossen sein müssen, um solche gleichförmige Schichten bilden zu können, und daß sie später erst erhoben wurden. Bei dieser Erhebung stürzte ein Theil der Masse ein, und bildete so einen unregelmäßigen Erhebungskrater, des Val del Bove.

Dieser Erhebung selbst aber ging eine lange unterirdische Thätigkeit an demselben Orte voraus, welche nicht nur aus verschiedenen Spalten und Rissen die alten Schichten des Val

del Bove erzeugte, sondern auch die älteren basaltischen Bildungen, welche an dem ganzen südlichen Halbkreise der Aetnabasis hervortreten, westlich zwischen den geschichteten Gesteinen der Kreide und den neueren Laven bei Aderno, Licadia und in dem Hügel von La Motta bei Catania zu sehen sind, und im Meere die cyklopischen Inseln, so wie einen schmalen Streif am Ufer, diesen Inseln gegenüber, bilden. Es erzeugten sich demnach an demselben Orte zuerst basaltische Massen, deren prismatische Absonderung das Fließen auf fast ganz horizontalen Flächen bekundet; dann trachytische Gesteine, die ebenfalls, wie ihr Verhalten im Val del Bove beweist, auf fast ebenem Boden geflossen sind. Es war demnach hier früher kein isolirter Vulkan, sondern es fand nur eine Reihe von Ausbrüchen aus Spalten statt, bis eine gewaltige Revolution den jetzigen Kegel in die Höhe trieb, die Schichten aufrichtete und über dem alten unregelmäßigen Heerde einen permanenten Vulkan errichtete, dessen Auswürfe die älteren Gebilde nur mit einem dünnen Mantel bedeckt haben. Er ist daher ein echter Emporkömmling der neueren Zeit.

Von seinen Ausbrüchen haben wir den des Jahres 1669 bereits geschildert, wollen aber noch den von 1832 erwähnen, welcher gegen Bronte hinab ging. Dieser Ausbruch dauerte 22 Tage. Auch bei ihm bildete sich eine deutliche Spalte, welche von dem Kegel abwärts, hart bei der Torre del Filosofo vorbei ging. Die Lava brach jedoch nicht aus ihr, sondern weiter unten hervor und stürzte in gerader Linie gegen Bronte hinab; indessen war ihre Masse nicht bedeutend, und als der Strom sich allmälig auf den ebeneren Gehängen der Basis ausgebreitet hatte, blieb er noch weit oberhalb Bronte stehen. Er hat sich, wie Sie auf der Karte sehen können, in Form einer Schleuder ausgebreitet. Auf beiden Seiten ist er von einem Walle ungeheurer Blöcke umgeben, die ihn, wie die Moräne einen Gletscher, begleiten, und auf der Oberfläche eine rauhe unzugängliche Decke bilden. Zwei Jahre nach dem Ausbruche rauchte diese Lava noch an vielen Stellen aus Spalten, deren Inneres sehr heiß war. Die entwickelten Dämpfe bestanden aus Wasserdampf, welcher einen deutlichen, stechenden Geruch nach Salzsäure hatte. In den Spalten selbst setzten sich große

Mengen salziger Ausblühungen an, welche die armen Bewohner der Umgegend, besonders um des Salmiaks willen, sammelten, obgleich derselbe noch mit Gyps, Kochsalz und Schwefel verunreinigt war. Das Merkwürdigste bei diesem verhältnißmäßig kleinen Ausbruche war der Einsturz des Aetnagipfels, der bei einem starken Stoße plötzlich verschwand, so daß nachher ein weiter, trichterförmiger Krater da war, der ungefähr 1200 Fuß im Durchmesser hatte und eine sehr unregelmäßige Oberfläche zeigte.

Die Zahl der Aetna-Ausbrüche ist sehr bedeutend, sie hat sich in neuerer Zeit etwas vervielfältigt, ohne daß darum die Heftigkeit derselben irgendwie abgenommen hätte. Der Ausbruch von 1843 hat einen Lavenstrom geliefert, welcher bis zu dem Thale des Simeto vorgedrungen ist, und einer Menge von Neugierigen das Leben kostete, welche nach Beendigung der eigentlichen Eruption dem langsamen Fortfließen der Lava zusahen. Diese hatte wahrscheinlich auf ihrem Wege einen kleinen Wasserbehälter oder Sumpf angetroffen und anfangs überdeckt. Die aus ihm sich entwickelnden Dämpfe überwältigten aber endlich den Druck der über ihnen liegenden Lava und machten sich durch eine furchtbare Explosion Luft, welche große Massen von Schlacken und heißem Wasser umher schleuderte. Die große Anzahl der Aetna-Ausbrüche läßt sich am besten aus der Zahl seiner parasitischen Kegel ermessen, von denen im Ganzen 600 bis 700 größere und kleinere auf dem Umkreise seines Schildes liegen. (Auf der Karte sind die größeren Kegel durch Kreise mit einem Punkt in der Mitte bezeichnet worden.) Auf diese Weise bildet der gewaltige Berg einen charakteristischen Central-Vulkan, in dem, wie schon oben entwickelt wurde, die vulkanische Thätigkeit, von dem bestimmten Mittelpunkte aus, sich durch strahlenförmig auslaufende Spalten gegen die Peripherie hin verbreitet hat.

Dreiunddreißigster Brief.

Vulkane des Atlantischen Oceans.

Island.

Es ist eine höchst auffallende Erscheinung in der Vertheilung der Vulkane, daß die Küsten der Festländer in dem weiten Umkreis des atlantischen Oceans nur an einer Stelle Vulkane tragen. Schottland, Irland, Frankreich und Spanien, Nordamerika von der Baffinsbai bis Florida und Südamerika, vom mexikanischen Meerbusen bis zum Feuerland, zeigen weder thätige noch erloschene Vulkane an ihren Küsten; nur Afrika, vom Senegal bis zum Congo, besitzt in einiger Entfernung von der Küste eine Reihe von Feuerbergen, welche zum Theil erloschen, zum Theil noch thätig sind. Diese Vulkane bilden mit den vulkanischen Inseln des Oceans zwei ungefähr von Nord nach Süd ziehende Linien, deren nördliche durch die Azoren, die Canarischen und Capverdischen Inseln und durch Senegambien geht, während die südliche von der Insel Fernando Po und den hohen Gebirgen südlich von der Mündung des Niger bis über den unteren Lauf des Congo hinaus, bis in die Gegend von San Paolo de Loando sich fortsetzt. Vereinzelt im Gewässer liegen Ascension und St. Helena, und im hohen Norden endlich, halbwegs zwischen Amerika und Europa, die große Insel Island mit ihren Vulkanen. Lassen Sie uns zuerst den Blick auf dieses in vieler Beziehung merkwürdige Eiland werfen.

Island ist um ein Dritttheil größer als Irland und hat überall auf seiner weiten Hochfläche die Spuren unterirdischer Thätigkeit aufzuweisen. Es ist uns neuerdings zuerst durch Krug von Nidda, sodann durch eine naturwissenschaftliche Expedition, welche von den deutschen Forschern Bunsen und Sartorius von Waltershausen geführt wurde, in seinen geologischen Erscheinungen näher bekannt geworden. Der Letztere hat eine Skizze über Island erscheinen lassen, welcher ich die nachfolgende Darstellung vorwaltend entnommen habe.

Am Rande des nördlichen Polarkreises und ungefähr in der Länge von Ferro liegt die Insel Island, im Westen, Süden und Osten von den atlantischen Fluthen, im Norden aber vom Eismeere bespült. Hohe, mit ewigem Schnee und Gletschermassen bedeckte Gebirge, die über Nebel und Wolken dem Seefahrer schon aus der Ferne entgegenleuchten, haben gegen das Ende des 9. Jahrhunderts zur Entdeckung dieses Landes geführt und zu seiner Benennung Veranlassung gegeben; vordem war es unbewohnt, nie von dem Fuße eines Menschen betreten und so außer dem Bereiche der Geschichte. Keine Grabhügel von Königen, keine cyklopischen Mauern, keine Denkmäler großer Thaten sprechen hier zu dem Wanderer von einer voreuropäischen Bevölkerung; nur eine im Sturm begriffene Natur hat auf dem Boden dieser Insel, in ihren Bergen, in ihren Thälern die unauslöschbaren Spuren vormaliger Umwälzungen, bald durch Wasser, bald durch unterirdisches Feuer eingegraben, und so unseren Tagen und unserer Untersuchung übermacht.

Nach der Art der Polargegenden bescheint im hohen Sommer die späte Gluth der mitternächtlichen Sonne die schauerliche Einöde dieses vom Ocean umgürteten Gebirgslandes, an dessen äußeren Grenzen die Cultur des Menschen kaum Hand anzulegen gewagt hat; im Winter dagegen werden seine endlosen Schneegefilde, in Dämmerung und Nacht verhüllt, von den zitternden, röthlichen Strahlen des Nordlichts sparsam erleuchtet. Die eigenthümlichen Gegensätze in der Natur, die hier im Zusammenwirken des nördlichen Klimas mit der innern Erdwärme entstehen, machen Island zu einem der merkwürdigsten Länder unserer Hemisphäre. Die kochenden Springquellen des Geysir und Strokkr; fernhin donnernde Vulkane, die mit lodernder Gluth und schwarzen hoch aufwirbelnden Aschenwolken nicht selten zwischen ewigen Eisgefilden emporbrechen, halberloschene Solfataren, brodelnde Schlammkessel und unabsehbare Lavenströme, die oft in phantastischen Gestalten ihre Schollen über einander thürmen, haben hier schon seit längerer Zeit die Neugier der Reisenden auf sich gelenkt und die Thätigkeit der Naturforscher in Anspruch genommen.

Diese Insel bildet ein flachgewölbtes, doch wellenförmig gestaltetes, meist von der See steil aufsteigendes Hochland, von

dem aus vielfach verworrene Gebirgsketten sich auf's Neue erheben; ihre Küste ist mit Ausnahme der Südseite von verschiedenen größeren Meerbusen und fast unzähligen schmäleren Fiorden, die sich nicht selten wie Landseen zwischen die Gebirge erstrecken, unregelmäßig begrenzt und vielfach zerschnitten. Drei größere Meerbusen und drei durch sie gebildete Halbinseln, die sich gegen Westen von der Hauptmasse der Insel absondern, fallen schon beim ersten Blick auf die Karte in's Auge. Die südwestlichste dieser Halbinseln endet beim Cap Reykjanes. Nördlich von ihr erstreckt sich die Fara-Bugt bis zum Fuße des Snäfells-Jökull, mit dem die zweite der erwähnten Halbinseln endet.

Wie ein Geist aus der Edda erhebt sich dieser längst erloschene Vulkan, verhüllt in einen Panzer von ewigem Eise über die grauen, sturmdrohenden nordischen Nebel, bis auf 20 Meilen in der Runde sichtbar. Nur an den heitersten Tagen zeigt er sich in der Frühe des Morgens frei von dem Schleier der Gewölke, und seine doppelgipfelige riesige Gestalt erglüht mit rosigem Schimmer in den Strahlen der eben aufgehenden Sonne. Schweigend ruht zu seinem Fuß der kaum bewegte Ocean, dessen stahlgraue sich lang hinwiegende Decke schroffe, aus dunkeln Trapp- und Basaltmassen gebildete Gestade ruhig umspült.

Nördlich vom Snäfells-Jökull liegt die Brede-Bugt, die, mit unzähligen größeren und kleineren Felsriffen oder Scheeren erfüllt, sich bis zur dritten Halbinsel erstreckt, in welche große Fiorde tief einschneiden und sich in mannigfachen kleineren Buchten verzweigen. Auch die Nordküste von Island ist von tiefen Meerbusen durchfurcht und durch Vorgebirge zackig gestaltet, von denen zwei, Nordcap und Melrakka, den Rand des Polarkreises erreichen. Die Ostküste ist weniger eigenthümlich gestaltet; sie wird durch verhältnißmäßig kleine, sich beständig wiederholende Fiorde zerschnitten, welche zuletzt an der Südküste nicht weiter erscheinen. Hohe, mit ewigem Eis bedeckte Vulkane, die von Zeit zu Zeit ihre Thätigkeit erneuern, bilden hier den merkwürdigsten, aber auch zugleich unzugänglichsten Theil der Insel; ihre oft unabsehbaren Gletschermassen bleiben dem reisenden Naturforscher vielleicht für immer verschlossen.

Die höchsten Gipfel dieser Vulkane, die sich bis zu 6000 Fuß erheben, werden auf ihrer Südseite, gegen die See hin, durch ein flaches, aus vulkanischem Sande gebildetes Vorland begrenzt, das wüst und vegetationslos daliegt und Oräfe von den Einwohnern genannt wird. Von der Hochebene, welche die Mitte der Insel einnimmt, ergießen sich nach allen Seiten der Küste hin, den Falten der Thalbildung folgend, zahlreiche Ströme und Flüsse, die, durch schmelzende Gletschergewölbe vornehmlich im Sommer ernährt, milchtrübe Wassermassen zum Meere hinwälzen. Bei großer Breite ist ihr Lauf mitunter nur kurz, wie besonders im Südlande, wo sie von den Gletschern aus nur die einige Meilen ausgedehnten Oräfen durchströmen. Voll Ungestüm reißen sie mitunter die schwersten Felsblöcke mit sich fort, unterbrechen zu gewissen Jahreszeiten jede Verbindung der Einwohner und machen dann das Reisen durch jene Gegenden unmöglich.

Unter den Gesteinen Islands sind keine sogenannten Urgebirge zu Hause, auch fehlen alle Schichten der Uebergangs- und Secundär-Formationen, nur die Tertiär-Bildungen, und diese selbst nur in beschränkter und eigenthümlicher Weise, treten auf. Sie werden durch deutlich geschichtete, basaltische Tuffe, die nicht selten Braunkohlen, den sogenannten Suturbrand führen, vertreten. Die meisten derselben sind submariner Natur, und durch allmälige Erhebungen über den Spiegel der See in ihre jetzige Lage gelangt. Bei dieser Bewegung der Schichten ging dann ihre ursprüngliche, horizontale Lagerung bald mehr bald weniger verloren.

Die Tufflagen sind fast überall von Gängen vertical durchbrochen und abwechselnd geschichtet mit schwarz- oder dunkelgrauen, krystallinischen Gesteinen, in denen Feldspathe und Augite vorherrschend sind. Man hat ihnen den Namen Trapp beigelegt, um dadurch ihre treppenförmige Lagerung anzudeuten; ein Name, der durch seine Kürze empfehlenswerth erscheint. Mit den Trappgesteinen in Verbindung, und ihrer Entstehung nach in einigen Fällen offenbar jünger, in anderen älter, erscheint an den verschiedensten Stellen der Insel, jedoch von beschränkterer Ausdehnung, die Formation der Trachyte. Nachdem die Hauptmasse Islands bereits über den Spiegel des

Meeres erhoben war, hat sie in Folge einer doppelten Ursache einen nicht unbedeutenden Zuwachs erhalten. Zuerst durch die allmälige Zerstörung, welche Ströme und See in den Tuff- und Trappgebilden anrichteten, woraus die Alluvionslager hervorgegangen; sodann durch das Hervorbrechen der Vulkane, durch Aschenanhäufungen und Lavenfelder. Der Einfluß beider auf die Gestalt der Oberfläche und den Umriß der Küsten dauert fort, wenn auch nur in größeren Zeitabschnitten.

Dieses ist in wenigen Zügen die geologische Beschaffenheit von Island, die sich in allen Theilen der Insel mit geringen Abänderungen unzählige Male wiederholt und der Landschaft jenen einförmigen Charakter verleiht, der bei einem ärmlichen Pflanzenwuchse nur noch um so fühlbarer wird. Wenn auch auf Feröe, auf den Hebriden, in Deutschland, in Frankreich und in dem südlichen Sicilien ähnliche Bildungen erscheinen, so ist doch keine derselben so einförmig, so ohne alle Unterbrechung über eine Oberfläche von mehr als 1800 Quadratmeilen verbreitet.

Wenn, von der offenen See aus, zum ersten Male dem, an geologische Untersuchungen gewöhnten Auge aus der Ferne die Küsten von Island sich zeigen, so werden demselben die horizontalen Schichten der Trappformation, ihre weiten Plateaubildungen und ihre schroffen, gegen das Meer hin senkrechten Abstürze nicht leicht entgehen. In diesen Formen erscheinen an der Südküste die Gebirge von Myrdals und Eyafjalla, aber besonders in diesem Charakter ausgeprägt Akrafjall und Esia von Hvalfiordr und an der Einfahrt von Reykjavik. Nicht weniger deutlich findet man die Schichtungen der Trappgesteine an den steilen Pyramiden von Holmafjall am Rödefiord, von Bulandstind am Berufiord und am Cap von Langesnes im Nordosten von Island. Auch zahlreiche Berge im Innern der Insel, bald näher bald entfernter vom Meere, besitzen dieselbe Structur, dieselbe Gliederung ihrer Massen.

Die wechselnden Schichten von Trapp und Tuff sind hier, wie in den Centralkegeln mancher Vulkane, von verschiedener Mächtigkeit. Der Trapp bildet Lager, die zuweilen wenig über einen Fuß Dicke haben, die aber auch bis zu 15 und 20 Fuß Mächtigkeit anschwellen. Für die Tuffschichten sind gar keine

bestimmten Verhältnisse anzugeben, da selbst ganze Gebirgsmassen ohne alle Unterbrechung von Trapp daraus bestehen. Zwischen den Schichtenbildungen dieses Trappgebildes und denen eines vulkanischen Centralkegels, wie der Aetna, ist kein anderer Unterschied vorhanden, als daß die ersteren gemeiniglich horizontal liegen, während die zweiten bald mehr oder minder geneigt um einen gewissen Mittelpunkt oder gegen eine bestimmte Linie hin aufgerichtet erscheinen. In allen Theilen Islands, wo die Trappbildungen vollkommen entwickelt auftreten, bemerkt man zahlreiche Gänge, welche gewöhnlich horizontal, seltener etwas geneigt aus dem Innern der Erde heraufsteigen. In einigen Gegenden finden sie sich, wie wir schon oben angeführt haben, in ganz außerordentlicher Menge.

Nicht immer sind diese Gänge von Trapp erfüllt, mitunter tritt in ihnen auch der Trachyt empor. So findet er sich am Esia, wo er in einem 10 bis 12 Fuß mächtigen Gange das Trappgebirge durchsetzt. In geringer Entfernung davon erblickt man unter denselben Verhältnissen am Ufer eines kleinen Flusses ein horizontales Lager desselben Trachyts, das, in vertical stehende Säulen zerspalten, mit vieler Wahrscheinlichkeit für eine horizontale, seitliche Verzweigung dieses Ganges zu halten ist. Auch am Baula durchbricht der Trachyt ähnlich wie am Esia die Schichten des Trapp, und ist daher jünger als diese. Der Trachyt zeigt sich ferner an verschiedenen Punkten weiter gegen das Innere der Insel, in der Nähe des Hekla und des Geysir, wo besonders die Gegend von Hruni und Adnarnipa erwähnt werden müssen. Ein schöner, gelblicher und weißer Trachyt steht dort in stabförmigen Massen auf beiden Ufern der Lara und wird von zahlreichen entschieden jüngeren Gängen dunkeler Trappgesteine durchsetzt. Aus dieser Beobachtung geht hervor, daß die trappartigen Gänge von verschiedenem Alter sein können, während zwischen ihnen die Trachyte emportauchen.

Daß der Trachyt noch an vielen anderen Orten in Island anstehend sei, ist aus erratischen Blöcken und einzeln in den Flüssen zerstreut liegenden Trümmern desselben, zumal im Innern der Insel, höchst wahrscheinlich, indessen sieht Sartorius sein Vorkommen als ein sehr beschränktes an und hält seine Masse im Vergleich mit den unabsehbaren Trappgebirgen gar

nicht von Belang. Krug dagegen giebt ihm eine viel größere Ausdehnung und ist der Meinung, daß alle großen Vulkane der Insel aus ihm hervorbrechen. Fernere Untersuchungen werden erweisen, wie weit jeder der beiden Beobachter Recht hat, denn beide verdienen Glauben, trotz der von einander abweichenden Angaben.

Zwischen der älteren Thätigkeit des Erdinnern und den Erscheinungen der jetzigen Vulkane ist eine scharfe Scheidung auf Island nicht zu bemerken. Die älteren Gänge im Trappgebilde gleichen den durch neuere Laven erfüllten vollkommen und auch ihre Stärke zeichnet sie nicht besonders aus. Sie schwanken zwischen 3 und 10 Fuß, und nur einige nicht mit Laven erfüllte, wahrscheinlich durch Erdbeben aufgerissene Spalten überschreiten die gewöhnliche Breite der Gänge, da sie bis zu 60 Fuß Weite vorkommen. Eben so wenig als die Gänge zeichnen sich die isländischen Krater durch besondere Größe oder durch eigenthümliche Bauart aus. Es fehlen ihnen jene amphitheatralischen Wallgebirge, welche so vielen anderen Vulkanen eigenthümlich sind. Bei jenen ist die vulkanische Thätigkeit für längere Zeit an bestimmte Mittelpunkte gebunden, während sie sich bei den isländischen in vielen parallelen Längenspalten vertheilt und unerwartet bald hier, bald dort in Gegenden hervorbricht, wo man sie vordem wohl vermuthet, aber noch nicht gekannt hatte. So ist eigentlich kein Theil der Insel gegen die Zerstörung der unterirdischen Gluth gesichert, obwohl die mittleren Theile Islands häufiger, als die östlichen und westlichen Küsten, von derselben heimgesucht werden.

Die beiden einzigen Vulkane, welche sich in ihrem ganzen Verhalten Centralvulkanen am meisten nähern, sind der Snaefiall und Oeräfa, zugleich mit die höchsten Punkte der Insel, da sich der erstere fast 5000, der letztere mehr als 6000 Fuß über das Meer erhebt. Beide sind, zumal in den oberen Gegenden, mit undurchdringlichen Firn- und Gletschergebilden so hoch überdeckt, daß die Kenntniß ihrer Bauart gänzlich fehlt. Beide besitzen, so weit es aus der Ferne beurtheilt werden kann, einen flach domförmig aufgetriebenen Centralkegel, und vom höchsten Punkte der Wölbung erhebt sich, ähnlich wie beim Aetna, bei beiden ein verhältnißmäßig kleiner Eruptionskegel.

Der Snaefiall ist seit Menschengedenken nicht in Thätigkeit gewesen; der Eruptionskegel ist daher verflacht und sein Krater verfallen. Der Oeräfa dagegen ist durch seine furchtbaren Ausbrüche vom Jahre 1362 bis 1727 bekannt, deren ungeheure Zerstörungen noch in unseren Tagen nicht ganz verschwunden sind.

Die sogenannten Wasserausbrüche des Oeräfa haben vorzugsweise das Staunen der Augenzeugen erregt. Es ist jedoch kaum glaublich, daß bei Vulkanen eigentliche Wassergüsse aus ihrem Innern, in Verbindung mit geschmolzenen Laven, hervorkommen. Sie sind wohl nur secundäre Erscheinungen und ereignen sich da, wo die feurigen Ströme aus von Eis und Schnee bedeckten Vulkanen hervorbrechen, und dann ein plötzliches Schmelzen der Gletscher, sogar Kochen des Wassers bewirken können. Die Nachrichten, welche wir über die Eruption des Oeräfa besitzen, bestätigen zwar, daß zum Theil siedende Wasserströme aus den, den Vulkan bedeckenden Gletschern hervorgegangen sind, sagen aber damit nicht, daß sie der Rachen des Kraters selbst ausgespieen habe.

Der Hekla zeigt nach Sartorius entschieden alle Verhältnisse eines Längenvulkans. Ein wallförmiges Ringgebirge, welches der Somma oder dem Mantel des Kraters von Volcano entspräche, wird hier gänzlich vermißt. Der Hekla erhebt sich über einem Spalt, dessen Richtung von Westsüdwest gegen Ostnordost geht. Demselben entlang hat sich dieser Vulkan im Laufe der Jahrtausende allmälig erhoben und aus einer Reihe von Kratern zusammengesetzt, deren einzelne Ränder sich mit einander verbinden. Die letzte Eruption ist auf's Neue aus dem 79 Jahre lang verschlossenen, jetzt zum Theil sichtbaren Längenspalt hervorgegangen, über welchem gegenwärtig fünf Krater, wie tiefe Kessel, in einer Reihe liegen. Aus den südwestlichen brach die Lava hervor, welche sich über die Abhänge des Berges, über ältere Ströme und wüste Aschenfelder nordnordwestlich bis zum Hofe von Naefrholt erstreckt. Erblickt man den Hekla in der Richtung seines Eruptionsspaltes, so erscheint er in der Gestalt eines spitzen Kegels, betrachtet man ihn dagegen senkrecht auf dieser Richtung, so erscheint er als ein langer, über dem Spalt weit ausgedehnter Rücken, in des-

sen äußeren Umrissen die Verbindungslinien der verschiedenen Krater deutlich zu erkennen sind.

Alle andern isländischen Vulkane scheinen ohne Ausnahme den in nordöstlicher Richtung ausgedehnten Spalten zu folgen, über welchen sich nicht einzelne große Krater, sondern Gruppen von zuweilen hundert kleineren erhoben haben. Die einzelnen vulkanischen Kegel sind denen, welche sich rings um den Fuß des Aetna verbreiten, an Gestalt und Bau außerordentlich ähnlich. Sie sind, wie jene, aus rothen und braunen Schlacken und schwarzem Sande zusammengesetzt und besitzen eine Böschung von 25 bis 33 Grad. In dieselben senkt sich ein beckenförmiger, öfter zum Theil verschütteter Krater, auf dessen Peripherie sich nicht selten zwei diametral gegenüberliegende Hörner erheben, deren Verbindungslinie normal auf dem Eruptionsspalt steht.

In Island, wo die vulkanische Thätigkeit nicht an gewisse Centra gebunden ist, sondern sich durch weit ausgedehnte Längenspalten verbreitet, kann es nicht befremden, daß, bei verhältnißmäßig niedrigen Gebirgen, die Lavenergüsse nicht selten eine erstaunenswerthe Größe erreichen. Wird nämlich in Island die Lava auch nur ein Viertheil so hoch als wie am Aetna emporgedrückt, erfüllt sie dagegen mehrere, vielleicht zehn Mal längere Parallelspalten, welche ihren Inhalt plötzlich entladen, so entstehen jene oft unabsehbaren Hraunstrecken (Lavafelder), die den Reisenden mehrere Tage lang begleiten können.

So erblickt man vom Berge Skjaldebreid an, auf beiden Seiten des Sees von Thingvalla, bis zum Cap von Reykjanes eine ununterbrochen fortlaufende Lavenmasse, über 20 Meilen lang und zuweilen 4 bis 5 Meilen breit. Wenn es nun auch mit Bestimmtheit nachzuweisen ist, daß die verschiedenen Theile derselben nicht eine gemeinsame Quelle haben, sondern an verschiedenen Orten und zu verschiedenen Zeiten aus der Erde hervorgebrochen sind, so erregt dennoch die Größe der einzelnen Ströme, welche dieses Lavenfeld zusammensetzen, die Bewunderung des Geologen. Ohne daß man, bei dem Mangel größerer topographischer Arbeiten, einen bestimmten Maaßstab für die Oberfläche der einzelnen Ströme besitzt, kann man doch mit Bestimmtheit sagen, daß mehrere derselben die größten Laven-

ströme des Aetna um ein Bedeutendes übertroffen. Lavenfelder von noch größerem Umfang, als dieses hier, erscheinen aber in vielen anderen Gegenden, zumal im Innern der Insel, und stammen wahrscheinlich von sehr verschiedenen Spaltsystemen her.

Im Allgemeinen zeigen die großen isländischen Lavenströme das grauenvolle Bild einer trostlosen Wüste, einer unheimlichen Wildniß; ihre schwarzen Schollen thürmen sich in phantastischen Gestalten über einander; indem sie sich gegen Felsen und den Fuß mancher Gebirge anstämmen, gleichen sie in ihrer Wirkung dem Eisgang riesiger Ströme zur Frühlingszeit. So liegt nach dem Erlöschen der Eruption dieses Chaos für Jahrtausende brach für alle Vegetation und wenn sie endlich wieder Fuß zu fassen beginnt, bemerkt das Auge nur Teppiche von Kryptogamen oder flach am Boden hinkriechende wollige Weiden und Birken.

Der Ausbruch des Hekla von 1845 und 46 hat für Island die letzte Lava geliefert, sie stürzt sich aus dem südwestlichsten jener Krater, welche sich über dem Eruptionsspalt des Berges erheben, überdeckt zuerst die steileren Bergabhänge und verbreitet sich sodann in einem weiten, wüsten Felde am westlichen und nordwestlichen Fuße entlang; ihre äußerste Verzweigung erreicht fast den Hof von Naefrholt, der jetzt von seinen Einwohnern verlassen in der Wüste zurückgeblieben ist. Die ziemlich ungenügenden Nachrichten, welche man in öffentlichen Blättern über diesen Ausbruch des Hekla findet, dürfen in mancher Hinsicht als übertrieben angesehen werden. Obwohl dichter Aschenregen den Graswuchs in der Umgebung des Hekla zerstörte oder beschädigte, so daß in Folge davon unter den Schafen eine Seuche ausbrach, so hat doch die Lava selbst nicht den geringsten Schaden angerichtet, da sie nur ganz unwirthliche Laven- und Aschenfelder vormaliger Ausbrüche überdeckt. Die Oberfläche dieser neuen Lava ist keineswegs so ausgedehnt, als man es nach den vorläufigen Nachrichten hätte erwarten sollen, denn es erreicht dieselbe kaum ein Drittel einer geographischen Quadratmeile, wonach sie etwa einem Lavenstrom des Aetna von mittlerer Größe gleich zu setzen wäre. Die Lava zeigte noch einige Monate nach ihrem Ausfluß an vielen Stellen aus ihren Spalten eine starke Fumarolenwirkung, welche

sich besonders durch den Absatz von krystallisirtem Salmiak, der in Rinden das Gestein überzog, offenbarte.

In vielen Gegenden Islands, wo an der Oberfläche die vulkanische Thätigkeit so gut als erloschen zu sein scheint, oder sich seit einer längeren Reihe von Jahren nicht weiter gezeigt hat, brechen gewissen Spalten entlang weit verbreitete Fumarolen, in Verbindung mit unzähligen warmen und kochenden Quellen, als ein sicheres Zeichen der noch vorhandenen unterirdischen Gluth aus der Tiefe hervor. Obwohl in andern Ländern, in der Nähe brennender oder erloschener Vulkane, Fumarolen, Gasentwickelungen und heiße Quellen als die letzten Nachwirkungen vormaliger Ausbrüche angetroffen werden, so giebt es doch, wenigstens in Europa, keine Erscheinungen dieser Art, welche sich auch nur von Ferne an Großartigkeit mit denen vergleichen ließen, die man in Island ganz allgemein verbreitet findet.

Was die heißen Quellen, die so außerordentlich verbreitet vorkommen, näher anbetrifft, so unterscheiden bei ihnen die Isländer zwei Arten: Laugar und Hver. Unter den ersteren verstehen sie zum Baden geeignete Quellen; während die zweiten springende Kochbrunnen bedeuten. Offenbar findet zwischen beiden kein wesentlicher Unterschied statt, da die Laugar bald eine niedrigere, bald eine höhere Temperatur besitzen und meist nur etwas abgekühlte Hver sind. An einigen Orten der Insel, namentlich am Fuße des Snaefells-Jökull, giebt es verschiedene Sauerbrunnen, welche in Island zu den Seltenheiten gehören und den Namen Oelkeldar oder Bierquellen führen. Man theilt die isländischen Quellen wohl besser in saure und alkalische; die ersteren bilden die Namar, die zweiten die Hver. Namar, oder mit warmen Quellen durchzogene Solfataren, bilden sich nur da, wo eine fortdauernde Entwickelung schwefligsaurer Dämpfe vor sich geht; sie beschränken sich auf Krisuvik und auf die Umgebung des Myvatn; Reykjahlids-, Fremera- und Brennesteins-Namar sind die bekanntesten.

Die isländischen Namar haben offenbar eine große Aehnlichkeit mit den sicilianischen Solfaren oder Schwefelgruben, eine Verwandtschaft, an die man auch durch die Aehnlichkeit der Gesteine in beiden erinnert wird. Die großen Gypsmassen von

Sicilien setzen dort in Gängen und Stöcken in einem blaugrauen Thonmergel auf und begleiten den Schwefel; sie erinnern sogleich an einen Gypsgang in Krisuvik und jenen blauschwarzen Thon der brodelnden Schlammkessel, welcher von dem der Moccaluba nur wenig verschieden ist.

Indessen sind die isländischen Namar im Reichthum an Schwefel weit von den fast unerschöpflichen Solfaren Siciliens entfernt, und so werfen sie denn auch fast gar keinen oder nur sehr geringen Gewinn für die fast in jeder Art verwahrloste arme Insel ab. Reichliche Gaben hat der Isländer überhaupt von seinem Boden nicht zu erwarten; die Gebirge, welche weder Schwefel, noch Kohlen, noch Metalle von einigem Belang enthalten, sind eben so wenig für den Bergbau geeignet, als das Klima, in dem man an den günstigsten Stellen die Kartoffeln als Gartengewächs erzieht, für einen vollkommeneren Pflanzenwuchs; und so muß der Isländer unter dem Druck der Umstände erliegen, oder sich durch geistige Anstrengung das zu ersetzen suchen, was ihm die Natur für ewig versagt hat.

Vierunddreißigster Brief.

Vulkane des Atlantischen Oceans.

Die Canaren.

Unter den vulkanischen Insel-Gruppen des atlantischen Oceans wird eine besonders häufig von den diese Meere durcheilenden Schiffen berührt, das ist die der Canaren. Sie liegt auf der Straße, welche man einschlagen muß, um von Europa gegen Südwesten den Ocean zu durchschneiden, und da diese Richtung nicht bloß von den nach Brasilien, sondern auch von den nach Süd-Afrika und nach Ostindien Segelnden verfolgt werden muß, so kommt es mitunter vor, daß diese Inseln, und insbesondere Teneriffa, auch von wissenschaftlich gebildeten Europäern besucht werden. Da aber die meisten dieser Reisen-

den noch andere, weitere Ziele vor Augen haben, so sind die Canaren zwar öfters besucht, aber nicht untersucht werden. Erst durch die Reise von Buch, deren schon oben Erwähnung geschah, haben wir genauere Nachrichten, wie wir sie weder von den Azoren noch von den Capverden besitzen, über diese Inseln erhalten. Lassen Sie mich daher das Wichtigste aus den Resultaten derselben hier ganz kurz zusammenfassen.

Die Canaren oder Canarischen Inseln, von den Alten schon um ihrer herrlichen Producte und ihres glücklichen Klimas willen Insulae fortunatae genannt, liegen hart an der afrikanischen Westküste, nördlich von Cap Bojador zwischen dem 26. und 28. Grad nördlicher Breite. Die östlichste Insel ist Lanzarote, auf sie folgt Fuertaventura, sodann Gran Canaria, darauf Teneriffa, dann Gomera, Ferro und am Westende der Gruppe Palma. Sie sind alle ansehnliche Inseln, von denen die kleinste Ferro 4, die anderen zwischen 8 und 41 Quadratmeilen Oberfläche besitzen, welche letzteren auf die Hauptinsel Teneriffa kommen. In ihrer geologischen Zusammensetzung erscheinen sie mit Island dadurch nahe verwandt, daß sie fast nur aus Trachyt, Basalt und vulkanischen Gebirgsarten bestehen, da nur auf den Inseln Fuertaventura und Palma bisher ein älteres krystallinisches Gestein beobachtet worden ist, das zum Syenit gerechnet werden muß. Von geschichteten nicht vulkanischen Gebilden ist nur ein Kalkstein zu erwähnen, dessen Alter zwar nicht genau ermittelt ist, der aber wohl zu den jüngsten Tertiär-Bildungen gehören wird. Es ist für ihn besonders auszeichnend, daß man ihn hin und wieder mit basaltischen Lagen und Trachyt-Conglomeraten wechseln sieht, wie er denn auch mitunter Bruchstücke dieser Felsarten in großer Menge einschließt. Seine Schichten erreichen bisweilen eine Mächtigkeit von mehreren hundert Fuß und finden sich auf mehreren Inseln.

Unter den vulkanverwandten Gesteinen spielt der Trachyt eine besonders wichtige Rolle und ist über einen großen Theil der Inselgruppe verbreitet. Auf Teneriffa scheint er das älteste Gestein zu sein. Er besitzt an einigen Stellen ein sehr granitähnliches Ansehen und kommt in regelmäßigen Lagen vor, welche mit verschieden gefärbten Conglomerat-Bänken wechsel-

lagern. Auch findet er sich mit mehr oder weniger zersetzten, blau und grau gefärbten Tuffen, so wie mit den vorhin erwähnten Syeniten, und mit schieferigen, wahrscheinlich klingsteinartigen Gesteinen zusammen. Alle diese Gebilde werden an vielen Stellen von Gängen eines dichten Trachyts durchsetzt. Auch der Krater des Chahorra auf Teneriffa, so wie der Kegel des Pico de Teyde scheinen nur aus Trachyt zu bestehen, und außerdem tritt er im nordöstlichen Theile der Insel in malerisch gestalteten, mauerartig aufgerichteten Felsmassen auf. Dennoch walten auf dieser Insel, wie auf Palma, die basaltischen Gesteine gegen den Trachyt bei Weitem vor. Auf Gran Canaria dagegen besteht der mittlere Theil der Insel gänzlich aus Trachyten, die sich auch auf Fuertaventura in ansehnlicher Ausdehnung finden. Die Lagerungs-Verhältnisse sind an vielen Stellen deutlich aufgeschlossen und fast überall liegt der Basalt auf dem Trachyt, nur auf Gran Canaria ist eine Stelle, wo beide mit einander wechsellagern. Die Basalte der Canarischen Inseln zeigen eine eben so große Mannigfaltigkeit der Gesteine, als der Trapp auf Island, und auch hier hat man Abarten aufgefunden, welche in der Mitte zwischen Trachyt und Basalt zu stehen scheinen.

Eine Gebirgsart von besonderem Interesse, welche namentlich auf Teneriffa weit verbreitet ist, führt in der Landessprache den Namen Tosca; wir würden sie Tuff nennen. Sie ist sehr leicht, fast zerreiblich, weißlich oder gelbgrau, besteht, der Hauptsache nach, aus zerreibbarem Bimstein und besitzt viel Aehnlichkeit mit dem Traß aus der Eifel, doch kommen auch Abänderungen vor, welche den neapolitanischen Tuffen sehr ähnlich sind. Da, wo die Felsart in größerer Mächtigkeit auftritt, liegen mitunter ansehnliche Blöcke von Basalt und Trachyt darin. Dieses Gebilde zieht sich gleich einem Mantel um den größten Theil von Teneriffa herum. Wo es am Meere erscheint, bildet es meist eine Schicht von 5 bis 6 Fuß Mächtigkeit, geht dabei in der Regel nicht hoch an den Bergen hinauf, steigt aber am Pic bis zu größeren Höhen. Die Tosca bedeckt bei Santa Cruz, am Nordostende der Insel alle basaltischen Lager oder Ströme, allein niemals die bei Orotava auf der Westseite und die Ströme des Pic. Die Tosca muß sich daher später gebildet

haben, als der lange aus Basalt bestehende Bergrücken der Insel und doch früher, ehe der Erguß der Lavenströme des Pic stattfand. Wahrscheinlich hat sie sich in jener Zeit erzeugt, in welcher der Pic selbst aus dem Innern seines Erhebungskraters emporstieg. Diese Ansicht wird sehr durch die Beschaffenheit der Blöcke unterstützt, welche man bisweilen in der Tosca antrifft. Unmittelbar in der Nähe des Pic sind diese Blöcke groß und von trachytischer Beschaffenheit, weiter entfernt, in der Gegend von Orotava, sind sie kleiner und bestehen aus feinkörnigem Basalt, und am Ostende der Insel bei Santa Cruz hält es schwer in der Tosca irgend welche fremdartige Bruchstücke zu entdecken.

Das sind die Grundzüge der geologischen Beschaffenheit dieser Inseln. Folgen Sie mir jetzt bei der Schilderung einer Besteigung des Pic von Teneriffa, welche der, für die Eindrücke großartiger Naturerscheinungen so empfängliche Prinz Adalbert von Preußen uns in dem Tagebuche seiner Reise nach Brasilien gegeben hat. Sie wird Ihnen ein frisches Bild jenes mächtigen Berges und seiner glücklichen Insel vorführen.

Die Schiffe, welche Teneriffa anfahren, pflegen bei Santa Cruz, an dem nordöstlichen Ende der Insel, anzulegen. Von hier aus müssen sich diejenigen, welche den Pic besteigen wollen, zuerst quer über die schmalere Zunge der Insel nach Orotava begeben, und von dort auf's Neue aufbrechen, um in einem Tage die Höhe des Pic zu erreichen. Man steigt von Santa Cruz zu dem, in 1620 Fuß Höhe gelegenen Städtchen Laguna herauf, umgeht dann die Ausläufer des mittleren Grats der Insel, der Cumbra, und gelangt so auf die Nordwestseite dieser Höhen. Hier an dem nördlichen Abfall der Berge liegt der schönste Theil der Insel.

Der Abhang von der See bis zu den bewölkten, waldigen Bergen der Cumbra, schreibt der Prinz, ist mit Wein, Feigenbäumen, einzelnen Orangen- und Lorbeerbäumen bedeckt, während gegliederte Euphorbien die Ränder des Weges überziehen. Die Vegetation nimmt bis Matanza mit jedem Schritt an Fülle und Mannigfaltigkeit zu. Hier erst erreicht sie ihren Gipfel, indem unzählige, schlanke Palmenstämme zwischen den andern Bäumen und Sträuchern einzeln emporsteigen, und sie

mit ihren reichen, graciösen Kronen überragen. Man überschreitet mehrere Barancos (Schluchten), an deren Wänden die Tosca deutlich zu erkennen war, reitet durch das Dorf la Vittoria, von da wieder hinab und abermals durch einen Baranco, bis man die Lehne von Santa Ursula erreicht. Eine Allee 20 Fuß hoher, gelbblühender Aloës faßt den Weg ein, der zu dem Palmenhügel hinaufführt, auf welchem das Dorf liegt.

Bisher war das Auge nur der wenig gekrümmten Küstenlinie bis zu dem Hafen von Orotava gefolgt; — jetzt wendete der Weg sich scharf links, um den Ausläufer jenes Berges herum, der bisher alle weitere Aussicht benommen hatte, und plötzlich, an den Rand eines steilen Abfalls gelangt, blickte man in die lachende blühende Ebene hinab, die sich zu den Füßen ausbreitete. An ihrem Saum, gegen das im Osten in die Wolken aufsteigende 6 bis 7000 Fuß hohe Gebirge der Cumbra und des Circus, erglänzte, von der glänzenden Mittagssonne freundlich beschienen, das weiße Städtchen Villa Orotava. Im Norden wird die herrliche Fläche gleichfalls durch jenen Berg begrenzt, der, hoch oben in der Cumbra wurzelnd, sich von einer ihrer Kuppen, dem 5658 Fuß hohen Pereril, wie eine gerade Linie schräg gegen Santa Ursula herabsenkt, während er, von Süden gesehen, als ein steiler, ungeheurer Absturz erscheint. Ihm gegenüber, die reizende Ebene im Süden einfassend, erhebt sich der schroffe Tigayga, der sich ebenfalls, gleich einer kolossalen Mauer, aus den Wolken gegen die azurne Fluth hinabzieht, welche den Westrand des lachenden Thales bespült. — Hier liegt Puerto Orotava zu den Füßen zweier Eruptionskegel, die von Weitem gegen die mächtigen Berge fast wie Maulwurfshaufen erscheinen.

In Villa Orotava blieb man zu Nacht und brach am folgenden Morgen zeitig auf. Die meisten der Reisegesellschaft hatten sich mit Maulthieren beritten gemacht, nur der Prinz war zu Pferde. So zog die kleine Caravane durch die blühende Ebene Orotavas, aus der die erquickendsten Morgendüfte emporstiegen, dem Pic zu, dessen gelblich-weiße Spitze zur Linken hinter dem Gipfel des Tigayga hervorragte. Weiter links benahmen die seitwärts sich hinziehenden Berge der Cumbra alle Aussicht. Kurz hinter Orotava wurde der breite Baranco de

San Antonio durchritten, welcher aus den Kastanienwäldern der bis zum Gipfel grün bewachsenen Cumbra herabkommt. Hohe Kastanienbäume, Erica und Lorbeer beschatten die Ränder dieser von senkrechten, schwarzen Wänden eingefaßten Schlucht. Von hier an führt der Weg längere Zeit schräg auf die Berge zu, über Felder und an Weinbergen fort, an einzelnen Gruppen kleiner Hütten vorbei, bis zum Saum des niedrigen Gehölzes, das aus Erica- und Lorbeersträuchern besteht, die kaum die Höhe eines Mannes zu Roß erreichen. Man reitet lange darin fort und überschreitet manchen kleineren und größeren Baranco.

Die Luft ward nach und nach kühler. Ohne es zu merken war man bereits ein gutes Stück gestiegen; statt des verschwundenen Lorbeers mischte der duftende Brezo sein fahles Grün mit dem dunkleren der immer niedriger werdenden Ericasträucher. Der schmale Reitpfad führt an den oberen Hängen der Cumbra unter einem theilweis zusammengestürzten Kegel von rothem und gelbem Bimstein fort, welchen die Führer Hajar nannten, und gelangt, allmälig steigend, kurz ehe er die obere Grenze der Erica-Zone erreicht, zu einem Geröll wild über einander gestürzter Lavablöcke.

Zum ersten Male sonderte sich von hier aus der Pic deutlich vom Tigayga. Ein riesenhafter Kegelberg, an Gestalt dem oberen Kegel des Aetna ähnlich, an Größe ihn aber bei weitem übertreffend, ragt der Teyde hoch über die mit Lavengerölle übersäete, vor den Reisenden sich erhebende Lehne auf. Seine Seitenwände steigen sanft an, wie die des Schneekoppenkegels; die linke rundet sich ein wenig nach oben zu und markirt dadurch den Absatz, wo der Piton, jenes Kegelchen von weißlichem Bimstein, beginnt, das von hier wie ein auf den großen Kegel gesetztes, weißes Käpplein erscheint. Die rechte Wand des Piton bildet dagegen mit der rechten des Pic eine zusammenhängende Linie, die nach ihrer Basis zu schroffer herabfällt, als senkte sie sich in eine durch die vorstehende Lehne verdeckte Schlucht. Während der mächtige Pic sich wie eine grünlichschwarze Masse, an der sich wieder Streifen und Risse von verschiedenen Nüanceen herabziehen, dunkel scharf gegen den Aether absetzt, senken sich linker Hand, grell damit contrastirend, jene

Felsen gelben Bimsteins an dem unteren Theile seines großen Kegels in breiten Streifen herab, sich gleichsam ausschüttend über den runden sandigen Rücken des Monte Trigo, der sich hier an den Fuß des Berges lehnt: blendend, wie Ströme weißen Sandes, die sich in ein Sandmeer ergießen.

Bald hatte man nun auch das kaum noch 3 bis 4 Fuß hohe Haidekraut hinter sich; mit ihm verschwand alle Vegetation bis auf die Retama blanca der Cumbra (eine Ginsterart), die von jetzt an die einzige Begleiterin der Aufsteigenden ward. Sie mußten sich in der Gegend des Portillo befinden, doch die Führer wollten von einer solchen Benennung nichts wissen. Bald war darüber kein Zweifel mehr, er mußte bereits passirt sein, denn der Llano de las Retamas war erreicht. Eine weite, gelbe Bimsteinebene breitete sich aus, aus welcher der dunkle Pic de Teyde immer riesiger in die tiefblaue Luft emporstieg. Er hatte eine andere Gestalt gewonnen. Ein schroffer, oben breit abgestumpfter 4 bis 5000 Fuß hoher Kegel mit steilen Seitenwänden, ragte er in kolossaler Majestät über das wogende Bimsteinmeer herein, dessen feinkörniger, sonnendurchglühter Sand vom Weiß durch Gelb in's Braune, ja bis in's helle Roth spielte. — Alles, ja der schwarze Pic selbst, hatte hier einen wärmeren Ton angenommen; so brannte die Sonne auf dem Llano in einer Höhe von 6 bis 7000 Fuß über dem Ocean.

Gleichwie das Auge auf großen Schneeflächen leicht den Maßstab für Hohes und Tiefes verliert, so ließ sich auch die Höhe der blendenden Bimsteinwellen nicht ermessen, von denen man umgeben war. Aehnlich den langen Schaumlinien, die sich oft auf dem Gipfel der heranrollenden Wogen des bewegten Oceans bilden, zogen sich zusammenhängende Grate von rothen, zackigen Lavenfelsen auf dem Rücken dieser Bimsteinhügel hin, während hie und da spitze Kegel von verworrenem Lavengeröll, gleich erstarrten Spritzern, aus dem Sandmeer hervorragten. Von der ausgeglühten Fläche, von der vulkanischen Basis des Teyde, schweifte unwillkürlich der geblendete Blick an dem kolossalen Berge aufwärts in den Aether hinein, um sich an dem magischen Dunkelblau des Himmels zu laben.

Man reitet hier, wie es scheint, zwischen erkalteten Lavenströmen hin, deren Thäler der Bimstein ausfüllt. Der Piton,

der Anfangs hoch aus der oberen Abstumpfung des Kegelberges heraustritt, wird, je mehr man sich ihm nähert, und je mehr dadurch die Breite der oberen Fläche des Vulkans zunimmt, immer kleiner, bis er endlich ganz darin untertaucht. Jener sandige Rücken, welchen man vorhin links am Fuße des Pic gesehen hatte, lag, nach und nach zum Hügel, ja fast zum Berge geworden vor den Wandernden. Man hatte ihn bald erreicht, und die ermüdeten Thiere klommen an seiner Bimsteinlehne hinan; einzelne große Basaltblöcke lagen zur Seite. Jetzt endlich stand man an dem Fuße des schwarzen Kegelberges. In Zickzacks, zwischen scharfen, schwarzen Obsidianglasblöcken den Kegel hinanreitend, gelangte man, mit einer letzten Ansteigung von kaum ein Paar hundert Fuß, um halb drei Uhr zu der Estancia de los Ingleses, dem bekannten, von schwarzen Felsblöcken wohl geschützten Bivouaksplatz. Damit war das nothwendige Tagewerk vollendet.

Obgleich der Prinz beim Hinaufreiten alle Aufmerksamkeit auf die Umgebung gewendet hatte, so war ihm doch der Circus, welcher den Fuß des Pic auf der Südwest-, Süd- und Ostseite umgiebt, nicht so klar vor Augen getreten, als er es, der Karte nach, erwartet hatte. Er stieg daher noch am Nachmittage ein Stück an dem schwarzen Kegel aufwärts und genoß eine eben so eigenthümliche wie großartige Ansicht. Der Blick fällt von hier auf den langen violetten Rücken der Cumbra hinab, der mit seinen Auszackungen links und rechts, gleichsam Buchten und Vorgebirge in dem weißen, wolligen Wolkenmeer bildend, sich sanft gegen den Llano de las Retamas senkt. Rechts an diese sanften Cumbrahänge reihet sich — die Einfassung der Bimsteinebene fortsetzend — eine lange, oben gerade abgeschnittene, felsige Wand. Mit jedem Schritt höher zwischen den Obsidianen des Kegels hinauf, sieht man immer deutlicher den fast 2000 Fuß hohen Mauerkoloß sich mehr und mehr um die Basis des Pic herumbiegen, während sein oberer Umriß, die gerade Linie verlassend, einzelne Kuppen zu bilden beginnt. Man erkennt den Circus, das mächtige halbkreisförmige Stück des Erhebungskraters, das allein den späteren Ausbrüchen des Riesenvulkans getrotzt hat; man sieht deutlich darin die horizontalen Schichten, die zuweilen wie kleine Terrassen, richtiger

noch wie schmale Stufen erscheinen, und hoch oben, an seiner Wand sich hinziehend, das schmale, weiße Trachytband, den Silberstreifen von Angostura.

Senkt man den Blick, so gleitet er schnell an dem jähen Abhang hinab, auf dem man steht, über das großartige, schwarze Gewühl der spitzen, glasigen Obsidianblöcke, das sich tief unter den Füßen in wilder Verwirrung auf zwei abgerundete Rapillkuppen ausschüttet. Mit dem Saume des schwarzen Obsidianfeldes grell contrastirend, wölben sich, aus dem Gelben in's Röthliche spielend, diese Hügel hart an der Basis des Pic aus der tiefer liegenden, gelben Bimsteinebene empor. Diese untere Fläche, der Boden des Erhebungskraters, dem einst der Teyde entstiegen, ist mit schwarzen Blöcken und rothen Lavenfelsen übersäet; überall starren Grate und Kegel aus ihm auf, zwischen denen sich einzelne Lavenströme durchwinden. Rechts unten, hart unter dem höchsten Absturz des Circus stehen noch die dunkelrothen, im Verfließen erkalteten Wellen eines mächtigen Stromes, dem man das Streben nach Vorwärts noch anzufühlen meint. Ueber diesen schauerlichen Heerd vulkanischer Schrecken, über diese Riesenmauer hinweg, die sich einst aus der bodenlosen Tiefe des Oceans erhob — weit über dies Alles fort, warf der riesige Pic mit sinkender Sonne seinen bläulichen Schatten gleich einer kolossalen Pyramide, über die Nebel hin, welche an die Stelle des Meeres getreten waren.

Noch hatte der wunderbare Schattenriß jenes herrlichblaue Gebirge nicht erreicht, dessen Fuß sich in dem Nebel verlor; noch lagen die prächtigen, alpinischen Formen der Kette Gran Canaria's in schönster Klarheit ausgebreitet! Doch je höher der Prinz, einen Streifen des schwarzen Gerölles benutzend, an dem Kegel aufstieg, je mehr erhob sich der gespenstige Begleiter auf seinem Nebelmeer, bis dieser König der Schatten selbst Canaria gänzlich bedeckte. Da ward es Nacht. — Die Feuer der Estancia waren der Fanal, welcher dem späten Wanderer auf seinem abschüssigen Felspfad entgegenleuchtete und ihn zu den Gefährten zurückführte. Die Estancia liegt in 7756 Fuß Meereshöhe.

Nach kurzer Nachtruhe wurde bereits um halb drei Uhr bei Sternenschein der Marsch zu Fuße angetreten. Ruhigen Schrittes im losen Bimstein ansteigend, folgte man dem Zick-

zack eines Fußpfades und gelangte etwa nach einer Stunde zur Alta vista, demselben Punkte, wo der Prinz am vorhergehenden Abend den Tag hatte scheiden sehen. Alta vista (Hohe Aussicht) liegt 9753 Fuß über dem Meere, am Rande des Malpays del Teyde, jenes großen Feldes wild über einander gestürzter Obsidianblöcke, das sich, hoch oben am Pic beginnend, bis zu dem Bimsteinberge unter der Estancia herabsenkt. Von Block zu Block, über unzählige Spalten und Klüfte springend, rückte die Gesellschaft, einer dem andern folgend, nur sehr langsam über das schwarze Meer der Obsidiane vorwärts. Man sah nicht, wo man hintrat. Unzählige Male glitt der Fuß auf den Spiegelflächen der Laven, und oft galt es, sich auf der glasigen Kante eines wankenden Blockes schwebend zu erhalten, bis der Vordermann festen Fuß gefaßt, oder einen neuen Sprung gewagt hatte. Man mußte öfters einen Augenblick anhalten, um sich von der Anstrengung zu erholen. Sie war doppelt fühlbar, da eine beständige Anspannung dazu gehörte, um nicht zwischen die schneidenden Obsidiane hineinzugleiten. Allmälig begann der Tag am östlichen Himmel zu dämmern, und mit ihm wurde das Klettern auf den Blöcken leichter, denn jetzt wußte man doch, wo man den Fuß hinsetzen konnte.

Endlich war das steile Obsidianfeld überstiegen. Ein Fußsteig führte zwischen demselben Gestein durch eine kleine, kraterförmige Vertiefung hindurch; an den jenseitigen Rand derselben, auf das schmale Plateau, die Rambleta, gelangt, stand man 10992 (?) Fuß über dem Meere hart am Fuße des hell entgegen leuchtenden Piton. Es war drei Viertel auf fünf Uhr. Sollte der Gipfel des Pic noch vor Sonnenaufgang erreicht werden, so durfte man nicht weilen. Ohne sich also die kleinste Rast, die geringste Erholung von den Anstrengungen des Malpays zu gönnen, nahmen die Steigenden einen tüchtigen Anlauf diesen letzten 800 Fuß hohen Kegel zu erklimmen. Trotz des mit jedem Tritt nachgebenden, losen Bimsteins, in welchem das Ansteigen in ähnlicher Weise beschwerlich ist, wie das auf dem Vesuv, gelangten sie in einem Zuge — Dank sei es einzelnen, kaum über den Bimstein hervorsehenden Graten trachytischen Gesteins — bis zur halben Höhe des Piton. Hier hielten sie erschöpft an, um die Sonnenscheibe aus der See auf-

tauchen zu sehen, da es nicht mehr möglich war die Spitze des Vulkans vor ihrem Aufgange zu erklettern.

Denke Dir, schreibt der Prinz in dem an seine hochverehrte Mutter gerichteten Tagebuche, die Schaafe, die Du so oft hoch am blauen Himmel über Dir siehst, denke sie Dir 4 bis 5000 Fuß zu Deinen Füßen, aber dicht zusammengeschoben zu einer weißen, wolligen oder kleinwelligen Fläche, deren Ränder sich am Saume der dunklen Azurkuppel des Himmels bis zum Niveau Deines Auges erheben, und Du hast einen Begriff von jenem Wolkenmeer, über das der Teyde seinen schwärzlichen Schatten warf, dessen großartige Umrisse sich heute noch schärfer und deutlicher markirten, als gestern. Der lange obere Grat der röthlich beleuchteten Felswand von Palma hatte das Wolkenmeer durchbrochen, während die übrige Insel sich unseren Blicken entzog. La Gomera war nur zur Hälfte sichtbar, und erschien als ein flacher länglicher, dabei scharf articulirter Hügel, während noch über die Gomera hinaus ein dem Auge kaum kenntlicher, unbestimmter, dunkelbläulicher Grat in weiter Ferne aus den Wolken hervorkam — das war Ferro.

Senkte man das Auge und folgte mit den Blicken dem grün bewachsenen, welligen Westabhang des Teyde mit seinen strahlenförmig auslaufenden Riefen oder Schluchten bis an's blaue Meer, oder blickte man an dem Abfall des Tigayga hinab nach Icod el alto, so sah man den florartigen untern Raum des massigen Wolkenmeeres, bald Puerto und Villa Orotava verschleiernd, bald sie auf Momente unserem Anblick freigebend, mit der Küstenlinie Teneriffa's spielen. Doch blieb die Gegend von Garachico, der einst so blühenden Hauptstadt, mit ihrem von der Lava verschütteten Hafen, dem einzig guten der Insel, durch graue Nebel unsern Blicken hartnäckig entzogen. Der azurblaue, in's Violette spielende, scharf gegliederte Grat Teneriffa's, die Cumbra, lag in ihrer ganzen Länge tief zu unsern Füßen, frei über dem Gewölk und den Nebeln stehend, wie gestern. Nach Santa Cruz zu blickte man wieder ein Stück schräg unter die Nebel und auf dem kleinen Fleck blauen Wassers, der frei blieb, erkannten wir deutlich unsere Fregatte unter den andern auf der Rhede liegenden Schiffen.

Unsern Blick nach der Gegend erhebend, wo eben die

Sonne aufgetaucht war, sahen wir von edlen, aus langen Linien und scharfen Ecken und Kanten zusammengesetzten Umrissen begrenzt, den Rücken der blauen Gebirgskette Gran Canaria's hoch über die grauen Nebel hervorragen, die in einzelnen Flocken auf der tiefblauen See im Osten Teneriffa's schwammen. Unten am Fuß des Pic, blickten wir hinein in den weiten Halbkreis der Felswände des Circus und auf die Bimstein- und Lavenebene der Cannadas, die den Fuß des Vulkans auf dieser Seite umgeben. Wenige Schritte nach Westen den Kraterrand umgehend, schauten wir hinab in den größeren und etwas tieferen Krater des 9276 Fuß hohen Chahorra und auf den uns zugekehrten, von den Bimsteinen des Pic, wie mit gelbem Sande, bestreuten Abhang dieses Zwillingsvulkans, den nur eine kleine Einsattelung von dem Teyde trennt.

Es war ein herrliches Panorama, das uns umgab! Der Centralvulkan, auf dem wir standen, zu seinen Füßen das Feld der Verwüstung, dem er entstiegen, umsäumt von den lachenden Fluren des lieblichen Teneriffa; und im Kreise ringsum all die vulkanischen, einzeln dem Ocean entstiegenen Inseln, die alle in ihm, in dem Teyde, ihren gemeinsamen Herrscher erkennen. Er ist der Firstern, sie sind die Monde! Ihr Feuer, ihre Eruptionen sind alle sein Werk!

Der Krater des Pic ist kein Feuerschlund mehr, sondern nur noch eine Solfatara von etwa einer halben Stunde im Umfang und einer zwischen 100 und 160 Fuß wechselnden Tiefe. Fast beständig entsteigen Dämpfe diesem warmen Becken oder brechen an den Seiten des Kegels hervor, jedoch nicht in stärkerem Maße als am Aetna. Dennoch haben diese schwefelsauren Dämpfe den rosenroth gefärbten, den Kraterrand bildenden Trachytfelsen, die jedoch, wie oben bemerkt, kaum Felsen zu nennen sind, ihre Härte benommen. Im Innern des Kraters findet man abgebröckelte Steine und Felsstücke, welche sie von den Rändern abgelöst zu haben scheinen. An allen Gegenständen, die man hier oben berührt, macht man sich die Finger weiß mit einer klebrigen Auflösung, welche Alles überzieht, und die ebenfalls wohl den Einflüssen dieser Dämpfe zuzuschreiben sein mag. Der Boden der Solfatara ist warm, an einigen Stellen sogar heiß; dessenungeachtet kann man bequem

überall darin umher gehen. Das ganze Becken hat eine graulichgelbe Färbung, woran gleichfalls der Schwefel Schuld zu sein scheint, der hier häufig in den schönsten Krystallen anschießt.

So standen die umher Kletternden zuletzt auf dem Felsblock, welcher die höchste Spitze des Kraterrandes im Nordosten bildet, in einer Höhe von 11430 Fuß, wo ihnen der Westwind der oberen Regionen, der Gegenstrom der östlichen Passate des Oceans, den Dampf der Krater-Fumarolen entgegentrieb. Der Wind kam über Palma her, und vielleicht ein klein wenig nördlich davon, so daß man ihn mit dem Aufgangspunkte der Sonne, dem Ostpunkt, vergleichend für West-Nord-West halten mußte. In Santa Cruz hatten Nord-Ost oder noch etwas nördlichere, also dem Passat sich nähernde Winde geweht. Damit hatte man denn auch dieses zwar bekannte, aber doch nur von Wenigen erlebte Phänomen in Wirklichkeit kennen gelernt — es an der eigenen Wange erprobt.

Um nicht dem losen Bimsteinsande sich preis zu geben, wurden wieder für den Rückweg die kaum hervorstehenden einzelnen Grate des trachytischen Gesteins benutzt, die auch hinauf geholfen hatten. In einer halben Stunde war der Fuß des Piton erreicht, und von da stieg man, in der brennendsten Sonnenhitze vom Durst gequält, wohl eine Stunde lang über das schräge, schwarze Feld glasiger Obsidianblöcke hinunter, bis endlich die Stimme der Führer weithin erschallte: „la Cueva, la Cueva, agua!" — La Cueva del Hielo oder de la Nieve ist eine 20 Fuß tiefe Höhle in dem Obsidianglasfelde, in der man immer frisches Wasser, sogar Eiswasser findet, denn an den Rändern war die Eiskruste deutlich zu sehen. Etwas tiefer hören die Blöcke auf, und mit ihnen die Leiden des Malpays; man findet einen Fußsteig und die ersten Retamas. Einige Leute aus Orotava, die Eis aus der, 9321 Fuß über der See liegenden, Cueva holen wollten, um es nach Santa Cruz zu bringen, kamen der Gesellschaft entgegen, die bald auch wieder bei der Estancia de los Ingleses anlangte.

Gern hätte man den Rückweg direct nach Santa Cruz über die Cumbra genommen, da aber die Führer desselben nicht kundig waren, so mußte dieser Plan aufgegeben werden. Man

fügte sich um so leichter darin, da dieser Pfad bei der brennenden Hitze, nach der eben vollendeten Excursion zum Krater, weit beschwerlicher gewesen wäre, als der kürzere gewöhnlichere Rückweg nach Orotava, der jetzt eingeschlagen wurde. Die Sonne brannte heiß, der Himmel war dunkelblau, der Pic stand in seiner ganzen Majestät, „ein Gebirge auf dem Gebirge" hinter den Wandernden, als diese, den Saum der Erica-Waldung erreichend, von ihm und dem schönen Tage Abschied nahmen, und sich unter das feuchte Wolkenmeer hinabsenkten, das von nun an schwer über ihrem Haupte hing. — Es war vier Uhr, als der Prinz, der sich beim Zeichnen auf dem Llano de las Retamas aufgehalten hatte, in Villa Orotava wieder anlangte.

Fünfunddreißigster Brief.

Vulkane von Kamtschatka.

Humboldt hat Ihnen im Kosmos ausführlichere Nachricht von den bedeutendsten Vulkanen Amerikas und von den javanischen Feuerbergen gegeben, über die uns Junghuhn so zahlreiche Daten geliefert hat. Ich will daher, um Sie nicht allzusehr zu ermüden, nur noch eine kurze Schilderung kamtschatkischer Vulkane folgen lassen, da über diese kolossalen Berge nur seltener Nachrichten sich in weitere Kreise verbreiten, und wir gerade über sie, durch die Beobachtungen, welche A. Erman auf seiner Reise um die Welt dort angestellt hat, besser als über viele andere Vulkane unterrichtet sind. Schon oben habe ich darauf aufmerksam gemacht, daß die Vulkane von Kamtschatka zu den allerhöchsten Feuerbergen gehören, die wir kennen. Denn wenn die Vulkane der Anden zu noch größeren Höhen aufsteigen, so erheben sie sich doch erst von einem gewaltig hohen Rücken aus, während die kamtschatkischen Vulkane in einer flachen Gegend gelegen sind, und doch eine Höhe von 15000 Fuß erreichen.

Kamtschatka wird fast seiner ganzen Länge nach, von Süd-West nach Nord-Ost, von einem Gebirgszuge durchsetzt, dessen größte Höhen nur gegen 2000 Fuß betragen, der daher im Mittel nur eine sehr mäßige Erhebung besitzt. Die Halbinsel wird durch ihn in zwei Hälften getheilt, auf deren östlicher sich wieder eine Bergreihe mit der mittleren parallel erhebt, welche in der südlichen Spitze beginnend, sich vom 51. Grad, also von der Breite von Dresden und Dover, bis über die Mündung des Kamtschatkaflusses, bis in den 56. Grad nördlicher Breite fortsetzt, also um die Hälfte länger ist, als die Kette der Pyrenäen. Dieser großartige Bergzug enthält eine Menge kühn aufstrebender Kegel, welche unter einander unverbunden, mit hohen felsigen Gehängen gegen den großen Ocean abfallen. Viele dieser Berge sind als thätige Vulkane bekannt, andere, von denen man Ausbrüche noch nicht kennt, treten doch durch ihre Form und Zusammensetzung in die Reihe der Vulkane ein, wenn auch, in der kurzen Zeit seit ihrer Entdeckung, noch keine Eruptionen an ihnen beobachtet worden sind.

Die Masse des mittleren Gebirgsstocks besteht nach Erman hauptsächlich aus einem hellgrauen Trachyt, der viele schmale Krystalle von glasigem Feldspath und einigen Augit enthält. An mehreren Bergen bildet dieser Trachyt auffallend schroffe Kämme und eben so steile Klippen ragen aus den Abhängen hervor. Nach unten weiter aus einander tretend bilden diese die Wände zahlreicher, steiler Schluchten, welche jedwede Wanderung und genauere Erforschung des Gebirges außerordentlich erschweren. Dieser Trachyt, der an anderen Stellen sich auch in der Gestalt glockenförmiger Kuppen erhebt oder auch in langgezogenen Rippen sich verbreitet, die von ihrem Ursprunge an schon strahlenförmig ausgehen, wird wiederum sehr häufig von lavenartigen Massen durchbrochen, emporgehoben oder zur Seite geschoben, so wie von losen Schlacken bedeckt. Das Gestein derselben unterscheidet sich nicht mehr vom Trachyt, als Umschmelzungen eines Gesteines überhaupt von seinem ursprünglichen Zustande, so wie auch Manches darauf hindeuten soll, daß das Hervorbrechen beider Gesteine nicht durch einen bedeutenden Zeitraum von einander getrennt sei.

Eigenthümlich für den Charakter dieses mittleren Bergzu-

ges ist auch das häufige Vorkommen von weithin ausgedehnten Seen, die in außerordentlicher Pracht erscheinen und nicht wenig zur Verschönerung dieses eigenthümlichen Landes beitragen, dessen landschaftliche Anmuth nicht bloß Erman, sondern auch v. Kittlitz dargestellt und gepriesen haben. Die Seen finden sich meist in hochgelegenen Becken zwischen felsigen Bergwällen, oder in kesselförmigen Vertiefungen, ähnlich wie die oberen Gletscherbecken der Alpen, und tragen viel zu einer regelmäßigen Vertheilung der Gewässer bei, die sonst von den schnell abfallenden Bergen ungehindert abfließen und in dem tiefen Lande entweder Ueberschwemmungen oder Wassermangel herbeiführen würden. Eben so entschieden, wie ihr Einfluß auf den jetzigen Zustand des Landes, ist aber auch der Zusammenhang dieser Seen mit der Entstehung des Gebirges. Man kann sie als Lücken oder Einstürze ansehen, die an dem Fuße hervorgetretener Berggipfel in deren eigener Masse entstanden sind.

Wenn man sich Kamtschatka von Süden her nähert, so kann man die höchsten vulkanischen Kegel schon in 25 Meilen Entfernung vom Meere aus wahrnehmen, und in größerer Nähe entwickelt sich von dem südlichen Vorgebirge Lopatka bis über die Awatscha-Bai hinaus eine sehr gewaltige Bergreihe, mit vielen kammförmig aufsteigenden Gipfeln und steil in das Meer abfallenden Felswänden, unter denen man mehr als 20

Fig. 42.



getrennte Vulkane bis jetzt kennen gelernt hat. Ich habe Ihnen bereits früher die Ansicht von einem dieser schönen Berge, von der Wiliutschinskaja-Sopka gegeben und lasse sie vorstehend noch ein Mal folgen, da sie geeignet ist den Charakter der Halbinsel überhaupt zu erläutern.

Der Berg liegt unter 52 Grad 41 Min. nördlicher Breite und ist daher von der Petropaulsbucht aus vollkommen sichtbar. Sein schneebedeckter Gipfel ragt zwischen Süden und Westen über das Vorgebirge empor, welches man bei der Fahrt von Awatscha nach Petropaulshafen umschifft, und an das sich nach Nord hin ein theils felsiger, theils mit losen Steinplatten bedeckter Abhang anschließt. Die Höhe des Berges steht nach verschiedenen Angaben zwischen 6500 und 7000 Fuß, und die Entfernung desselben von Petropaulshafen beträgt ungefähr 5 Meilen. Nicht weit von ihm finden sich die warmen Quellen von Porotunka, welche eine Temperatur von 41° bis 42° besitzen.

Ausführlichere Nachrichten haben wir von der Awatschinskaja-Sopka, dem Vulkan von Awatscha, der nach Erman eine Höhe von 8360 Fuß hat. Die Abhänge des Berges sind von höchst regelmäßiger, konischer Gestalt. So lange die Erinnerung der Einwohner reicht, hat der Gipfel des Berges ununterbrochen Rauch ausgestoßen. Das Gestein, welches ihn zusammensetzt, ist von basaltischer Art, in jener körnigen Abänderung, die man Dolerit zu nennen pflegt. Der Zusammenhang des tiefen vulkanischen Herdes zwischen den nördlichen Kratern einerseits und denen der kurilischen Inseln andererseits ist durch den Vulkan von Awatscha erwiesen. Denn als der Vulkan von Kliutschewsk im October 1737 im heftigsten Aufruhr begriffen war, machte auch der Berg von Awatscha im Spätsommer desselben Jahres einen entsetzlichen Feuer-Ausbruch und regnete Asche, so daß die Umgegend zwei Fuß hoch damit bedeckt war. Dann trat das große Erdbeben ein, dessen wir oben schon Erwähnung gethan haben, und darauf zeigten sich in der Straße zwischen Siumschir und Poromuschir, den zwei nördlichsten Inseln der kurilischen Kette, bei dem Ablauf des Gewässers, zwei felsige Berge, die man zuvor niemals gesehen hatte, obgleich auch bei früheren Erdbeben der Meeresboden an dieser Stelle war bloßgelegt worden. Andere Ausbrüche des

Vulkans von Awatscha sind aus den Jahren 1773 und 1827 bekannt geworden.

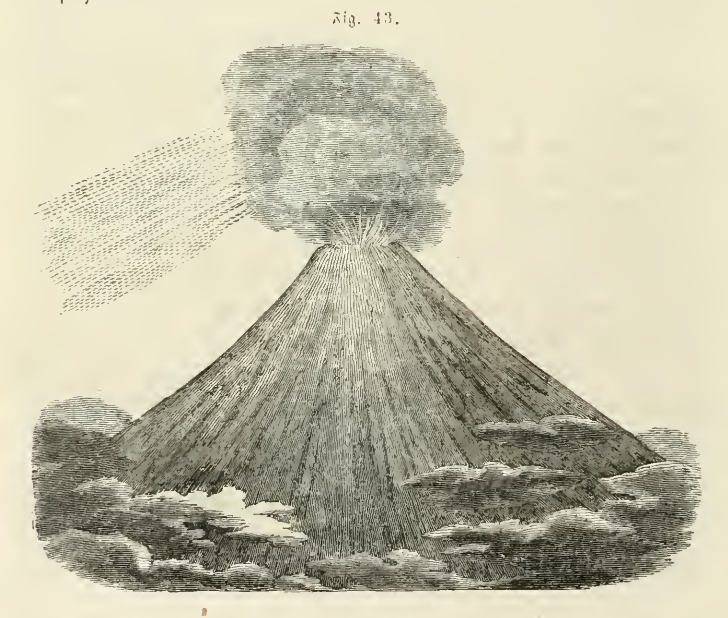
Auch in den beiden folgenden Jahren hat dieser Vulkan Ausbrüche gehabt. Erman sah über seinem Gipfel eine große vulkanische Wolke und eine ungeheure Menge von Dampfstrahlen über kleineren Kegeln und Spalten, auf einem breiten dunkeln, stark verwüsteten Streifen des Abhanges, der, hoch über der Schneegrenze beginnend, bis zu den Ufern des Awatschaflusses herabreichte. Nahe über dem Anfange desselben, im obersten Drittheil der Höhe des Berges, lag ein neuer Lavenschlot mit zackigem Rande, und man sah, wie das noch schneelose, schwarze Gestein, das von ihm ausgegangen war, sich nordwestwärts in eine Senkung ergossen hatte. Auf der rauhen und zerrissenen Oberfläche des südlichen Abhanges dagegen hatten sich kegelförmige Aufsätze gebildet, denen Dämpfe entstiegen. Die Begleiter von Erman sagten aus, daß, nachdem die Kuppe des Berges geplatzt, eine Fluth heißen Wassers vom Berge herabgestürzt sei und sich in den Awatschafluß ergossen habe. Wahrscheinlich in ähnlicher Weise durch Schmelzen von Schnee und Eis gebildet, wie das auch bei den Vulkanen von Island zu geschehen pflegt.

Die bedeutendsten vulkanischen Gipfel finden sich zu einer Gruppe vereinigt, welche aus fünf einzelnen Bergen bestehend die Gruppe von Klintschi, nach einem Dorfe in ihrer Nähe, genannt werden kann. Der südlichste dieser Vulkane, die Tolbatschinskaja-Sopka, erscheint als ein länglicher, tief und vielfach eingefurchter Rücken, welcher, 7800 Fuß hoch, mit weithin glänzendem Schnee bedeckt ist, und an seinem nördlichen Ende sich am steilsten herabsenkt. Der höchste Theil seines Hauptkammes liegt nahe an diesem Ende. Der Gipfel des Berges zeigt zwar keine Zeichen von Thätigkeit, doch versichern die Eingebornen, daß mitunter noch Rauch an einem niedrigen Kamme an seiner Südostseite hervorkommt. Offenbar ist dieses dieselbe Spalte, aus welcher im Anfange des Jahres 1739 ein ganz unerwarteter Aschenausbruch erfolgte. Es brach bei demselben eine so ungeheure Masse von Asche hervor, daß sie noch 15 Meilen weit vom Gipfel des Berges den Schnee einen halben Zoll hoch bedeckte und dadurch die Schlittenfahrt fast unmöglich

machte. Die Augenzeugen erzählten, daß das Ereigniß mit einer glühenden Kugel begonnen habe, die von der genannten Stelle des Berges aufstieg und nachher die angrenzende Waldung fast ganz in Brand steckte. Erst hinter diesem Feuer habe sich von derselben Stelle eine kleine Wolke erhoben, die sich von Stunde zu Stunde vergrößert, dann erst sich gesenkt habe und als Asche niedergefallen sei.

Der bedeutendste Kegel der ganzen Gruppe ist der nördlichste, die Klintschewskaja-Sopka. Sie liegt unter 56 Grad 8 Min., in 10 Meilen Entfernung vom Meere und 40 Meilen von Petropaulshafen. Von der lieblichen Landschaft, welche das Dörfchen Klintschi umgiebt, über den breiten, hellstrahlenden Spiegel der Kamtschatka und die freundlichen Wiesenflächen des jenseitigen Ufers, erblickt man den riesigen Vulkan und seine gewaltigen Nebenkuppen. Höher als der Montblanc, bis zu 15040 Fuß, erhebt sich der mächtige Berg, weit über die Wolkenschichten der Atmosphäre hinaus. Als Erman die Gegend besuchte stand der Berg in voller Thätigkeit. Am Tage bot er das Bild, welches die nachfolgende Zeichnung Ihnen vorführt.

Fig. 43.



Die fast völlig eben erscheinenden Gehänge des Kegels, von einzelnen Wolken umgeben, zeigten auf dem Gipfel eine Dampf- und Aschensäule, welche nach oben in eine große Haufenwolke verlief, deren oberster Theil sich fast 2000 Fuß über der Spitze des Berges befand. Die Wolke breitete sich unter dem Winde lagerförmig aus, und zeigte sich im unteren Theile mehr grau, im oberen mehr weiß gefärbt. Aus dem unteren Theile fiel in einiger Entfernung vom Berge ein dichter Regen, wie ein dunkles Band, fast gradlinig durch die hohen Schichten der Atmosphäre, der unzweifelhaft ein Regen von Asche war.

An der grauen undurchsichtigen Säule, welche man beim Tageslicht zwischen dem Gipfel und der weit höher stehenden Haufenwolke gesehen hatte, bemerkte man bald nach Sonnenuntergang einen rothen Lichtschein, und mit diesem zugleich zeigte sich dann auch in lebhaftem rothem Glanze ein feuriges Band am Berge, welches am Tage nur durch einen auf ihm liegenden Dampfstreifen bezeichnet war. Jetzt verschwand dieser, eben so wie die obere Hälfte der weißen Haufenwolke über dem Gipfel, von welcher aber die abwärts gekehrte Fläche zu leuch-

Fig. 44.



ten anfing, und wie eine glühende, breite Decke auf der Lichtsäule des Kraters ruhte und sie begrenzte. Das Mondlicht, welches in dieser Zeit die halbe Nacht hindurch anhielt, wurde nicht bloß von dem directen Lichte jener glühenden Massen, sondern auch von ihrem Widerschein auf der Unterseite der vulkanischen Wolke auf das Entschiedenste übertroffen; aber dennoch erschien dieses Alles noch glänzender nach dem Untergange des Mondes, als die übrigen Berge verschwanden und doch alle Umrisse des Pic scharf begrenzt blieben, durch den rothen Schein, der sich auch über sie von jenen feurigen Stellen aus verbreitete.

Es blieb nun kein Zweifel, daß der helle Streifen am Westnordwest-Abhange ein ungeheurer Lavenstrom war, denn man sah ihn auf der Oberfläche des Kegels deutlich aufliegen, und bemerkte auch eine fortschreitende und wallende Bewegung dieser geschmolzenen Masse. Die Lichtstärke des Lavenstreifens war am größten an dessen Ursprung, der 14000 Fuß ungefähr über dem Meere und gegen 800 Fuß unter dem Kraterrande lag. Nur in dem ersten Drittheile seines Laufes war der glühende Strom auf dem kürzesten Wege abwärts gegangen, etwas weiter unten wich er dagegen gegen die Westseite des Berges ab, und theilte sich sodann unter spitzem Winkel in zwei Zweige, die einen schwarzen, inselartigen Raum umschlossen. An dem westlicheren Zweige, dessen Auflagerung auf dem Bergabhange gegen den schwarzen Hintergrund deutlich sichtbar wurde, reichte das glänzende Licht noch etwas weiter abwärts, als an dem anderen. Auch zeigten sich schon näher am Ursprunge und in hellleuchtendsten Theilen des Stromes einzelne Stellen von schwächerem Lichte, die beim Mondschein ganz erkaltet zu sein schienen, in den dunkelsten Stunden aber noch wahrnehmbar glühten, und ziemlich tief unter dem Ende der Lava lagen endlich auch einige ganz isolirte glühende Massen, die wie Sterne auf dem schwarzen Grunde erschienen.

Eben so deutlich erkannte man auch, wie das Feuer über dem Krater aus einzelnen leuchtenden Körpern bestand, die wie Funken aus einer Esse und strahlenartig nach oben divergirend hervorbrachen. Sie erhoben sich bald mehr, bald weniger, so daß sie die glänzende Unterseite der niedergeschlagenen Dämpfe

erreichten oder schon unter derselben zurückfielen. Auch folgten diese Wechsel in der Wurfhöhe so regelmäßig, nach Zwischenräumen von einigen Secunden, daß der ganze Funkenkegel eine pulsirende Bewegung zu haben schien. Eben solche Auswürfe von losen glühenden Massen zeigten sich aber auch noch aus zwei anderen Oeffnungen des Berges, von denen die eine an dem Ursprunge des Lavenstromes, die andere etwa in der Mitte zwischen ihnen und dem Kraterrande lag. Die Wurfrichtung war bei ihm nahe senkrecht von den Kegelwänden aus gerichtet. Mit den vom Krater ausgehenden divergirten sie daher so, als ob sie zusammen von einer tieferen Stelle des Schlotes gemeinschaftlich ausgingen.

Glänzend beleuchtete Dampfwolken brachen auch aus den zwei tieferen Oeffnungen zugleich mit den Auswürflingen hervor und diese Wolken blieben am Tage, mit anderem Dampfe, der sich längs des Lavenstroms, theils aus demselben, theils aus dem umgebenden Schnee entwickelte, die einzigen Zeichen von diesem großartigen Theile des vulkanischen Processes. Sorgfältigste Betrachtung der Feuer-Erscheinungen am Berge zeigte aber, daß an keiner Stelle des Berges eine Flamme oder brennende Gasart hervorbrach, indem die strahlig aufsteigenden Körper sich überall von einem dunkeln Grund abhoben, was durch das Fernrohr deutlich zu erkennen war, und nur dann bisweilen in einer lichten Umgebung verschwanden, wenn sie, in dem höchsten Theile ihres Laufes, in die untere reflectirende Fläche der Dampfwolke eintraten. Was die durchschnittliche Größe der ausgeworfenen Lavenstücke betrifft, die sich noch glühend und nur bis zu 1000 Fuß etwa über den Kraterrand erheben, so läßt sie sich danach beurtheilen, daß dieselben nur bei einiger Vergrößerung, aber nicht mehr dem bloßen Auge, getrennt erschienen. Der Gesichtswinkel ihres Durchmessers wird daher, bei dem starken Licht, welches sie ausstrahlten, wohl kaum über 5 Secunden betragen und ihr Durchmesser daher nicht mehr als 2 bis 3 Fuß gewesen sein.

Die undurchsichtige Wolke, welche man bei Tage sich allmälig vom Berge entfernen sah, zog und entleerte sich über die Ostseite des Berges, nicht über Kliutschi. Die feste Substanz, welche sie fallen ließ, wurde mit dem russischen Namen Sascha

belegt, was soviel als Ruß oder Flugkohle bedeutet, und die Einwohner erzählten, daß sie sich manchmal weit über das Land verbreite. Einerseits war sie oft an der Ukaer-Küste, 30 bis 40 Meilen weit von dem Krater des Berges, niedergefallen, andererseits war sie mit Südostwind über das Mittelgebirge gezogen und hatte den Meeresstrand am Tigil, 35 Meilen vom Kliutschewsker Gipfel, eben so reichlich bedeckt. Im Sommer sei dieser Niederschlag weniger sichtbar, im Winter aber bemerke man ihn sogleich auf dem Schnee.

Von anderweitigen Wahrnehmungen über die vulkanischen Ereignisse erwähnten die Bewohner des Dorfes Kliutschi zunächst der steten Erzitterungen des Bodens, welche einzutreten pflegen, ehe der Berg sich spaltet. In den Häusern, in welchen man Glimmerfenster hat, würde ein so ununterbrochenes Klirren vernommen, daß man zuletzt, in Folge der Gewohnheit es gar nicht mehr bemerke, und erst durch Ankömmlinge von anderen Orten wieder daran erinnert werde. Sie meinten sodann, und offenbar haben sie darin sehr Recht, daß auch eine andere und zwar weit schädlichere Art von Ereignissen in ihrer Gegend mit dem unterirdischen Brande in Verbindung stehe. Runde, kesselförmige Einsenkungen von 10 bis über 20 Fuß im Durchmesser sieht man sehr häufig auf den Feldern, so wie auf der grünen, wiesenartigen Fläche, die sanft gegen den Kegelberg ansteigt. Sie entstehen bisweilen urplötzlich, sind dann außerordentlich tief, verflachen sich aber im Laufe der Zeit allmälig. Auch seien fast alljährlich Menschen durch dergleichen Ereignisse zu Schaden gekommen oder doch sehr erschreckt worden. So noch vor Kurzem ein Bauer, der zu Pferde mehrere Saschenen*) tief in ein solches Loch fiel, welches sich unter ihm öffnete, und den man nur mit vieler Mühe und sehr beschädigt wieder herauszog. Ein anderer war mit seiner Narte spurlos verschwunden, und zwar nicht in den Schnee, sondern in die Erde, die sich unter ihm geöffnet hatte, hinabgefallen. Sie fügten noch hinzu, daß man aus dergleichen Löchern öfters Wasserstrahlen hervorbrechen sehe, die ihnen am Durchmesser gleich kämen und Felsblöcke mit sich in die Höhe schleuderten. Daß

*) Eine Saschen zu 7 Fuß englischen oder 6½ Fuß circa französischen Maßes.

diese Wassermassen heiß gewesen wären, hatten sie nicht bemerkt und glaubten es auch nicht, denn Personen, welche während des Sommers in solche Löcher versunken seien, hätten viel mehr über die Kälte geklagt, welche sie im Innern dieser Vertiefungen empfunden hätten.

Diese äußerst häufigen Einstürzungen scheinen nicht in bestimmter Periodicität zu erfolgen oder mit bestimmten Stadien der Thätigkeit des Vulkans zusammenzutreffen, während von den Aschenauswürfen aus dem Gipfel, welche theils mit, theils ohne Lava erfolgen, behauptet wird, daß sie sich mehrmals in jedem Jahre und dabei in ziemlich gleichen Zwischenräumen wiederholen. Die geschichtliche Nachweisung von Lavenausbrüchen reducirt sich auf die allgemeine Angabe der kamtschatkischen Russen, daß sie sich in Zwischenräumen von 7 bis 10 Jahren zu wiederholen pflegen und meist nur die Dauer von einer Woche haben. Einzelne Ausbrüche sind jedoch bekannt, welche eine Ausnahme von jener allgemeinen Regel zu machen scheinen. Es wird nämlich die Zeit von den Jahren 1727 bis 1731 schon von Krascheninikow deshalb als merkwürdig angeführt, weil in dieser Zeit die Kliutschewskaja-Sopka nicht bloß eine Woche, sondern drei Jahre lang ununterbrochen gebrannt habe.

Der nächste Lavenausbruch, welcher 1737 eintrat, wandte sich besonders gegen die Kamtschatka hin. Die Leute, welche damals die Nächte über mit dem Fischfang beschäftigt waren, hatten fortwährend ein so entsetzliches Schauspiel, daß sie ihren Tod mit Gewißheit erwarteten. Die glühenden Massen, welche sich durch Spalten im Innern des Berges deutlich zeigten, flossen nämlich auch als Feuerströme mit ungeheurem Getöse weit abwärts, und waren dabei so mächtig, daß der ganze Berg wie eine glühende Masse aussah. Auch will man in seinem Innern ein Donnern gehört haben, so wie ein krachendes Geräusch, bei welchem die ganze Gegend erbebte, und ein noch anderes, welches man mit dem Gebrause von starken Gebläsen verglich. Dennoch kamen die Bewohner von Kliutschi mit dem bloßen Schrecken davon, indem sogar die Asche aus dem Gipfel, als sie, wie gewöhnlich, gegen das Ende der Eruption in größter und gefährlicher Menge hervorbrach, durch einen günstigen

Wind nach der Seeseite zu getrieben wurde. Von anderen Eruptionen, die sich häufig wiederholt haben mögen, ohne daß sie zur Kenntniß europäischer Gelehrten gelangten, ist nur noch eine bekannt, welche ein deutscher Bergmann im Jahre 1795 beobachtete. Er schildert sie unter ähnlichen Umständen und von derselben Energie, wie die oben erwähnten.

Um über das Gestein des Berges nähere Kunde zu erlangen, sammelte Erman an verschiedenen Stellen, bei einer versuchten Besteigung des Berges, Proben der anstehenden Massen. Allein es fanden sich überall nur schwarze Laven, deren Grundmasse doleritisch war und in Structur und äußerer Beschaffenheit viel Aehnlichkeit mit der Mühlstein-Lava von Nieder-Mendig hatte. Da dieses Gestein ganz dem der Ströme gleicht, die erst vor wenigen Jahren sich aus dem Innern des Berges bis an seinen Fuß ergossen haben, so kann man wohl mit Recht annehmen, daß an seinen Gehängen nur diejenige Gebirgsart zu finden ist, welche noch jetzt fortwährend in seinem Innern geschmolzen und durch die Dämpfe emporgetrieben wird. Indessen schien es dem Beobachter nicht, daß dieses Gestein als Lavenstrom an seine jetzige Stelle gelangt, da es weder an seiner Oberfläche noch in seinem Innern die Eigenthümlichkeiten der Lavenströme zeigte.

Der nördlichste unter den kamtschatkischen Vulkanen, der Schiwelutsch, liegt ungefähr unter 56 Grad 40 Min. nördl. Breite, vier Meilen von dem Dörfchen Jalowka als ein prachtvoller, höchst imposanter Berg, ringsum von niedrigen Ebenen umgeben, sich bis zu 9898 Fuß über die Meeresfläche erhebend. Nach Aussage der Eingebornen soll sich seine vulkanische Thätigkeit nur bisweilen durch Rauchen an gewissen Stellen seiner Kämme geäußert haben. Von Jalowka aus erscheint der Schiwelutsch als eine zweigipfelige Masse, von welcher die nordöstlichste Spitze am höchsten hervorragt, von der eine sanft gebogene Senkung zu dem flacheren südwestlichen Gipfel fortzieht. Innerhalb dieser Senkung liegt eine kleinere Kuppe, von welcher die Eingebornen sagen, daß sie bei einer Thätigkeit des Berges den Rauch stets über ihr hätten aufsteigen sehen. Noch im August bedeckte glänzender, fernhin leuchtender Schnee nicht bloß die beiden Kuppen und die zwischen ihnen befindliche Ver-

tiefung, sondern er schien auch fast ununterbrochen auf einem tief unter sie herabreichenden Gürtel des, nach Jalowka zugekehrten, nordwestlichen Abhanges zu liegen.

Alles Gestein vom Schiwelutsch, welches einer näheren Untersuchung unterworfen wurde, erschien von trachytischer Natur und bestand aus Krystallen eines glasartig glänzenden Oligoklas und aus dunkelschwarzer, glänzender Hornblende, neben der auch einzelne Augitkörner vorkamen. Die Grundmasse war je dunkler, um so mehr porös. Das Merkwürdigste an diesem Vulkane ist der gänzliche Mangel an Laven, oder analogen, geflossenen Gesteinsmassen, und er gleicht darin dem Chimborazo, obgleich sein Gestein durchaus nicht mit dem dieses großen Feuerberges übereinstimmt. Eben so wenig findet man auf den Gehängen des Berges, der freilich nur bis zu 5000 Fuß Höhe besteigbar ist, Spuren von Laven- oder Schlackenbrocken; doch scheint es, daß einige kleine Kegel im oberen Theile des Berges aus Auswürflingen bestehen, da sie ganz die Gestalt der Eruptionskegel haben, wie sie an anderen Vulkanen sich bilden.

Auch die Seen, welche den Schiwelutsch in 400 bis 600 Fuß Meereshöhe wie ein Ring umgeben, scheinen mit der Entstehung des Berges in Zusammenhang zu sein. Sie könnten die entferntesten Punkte bezeichnen, auf welche die Erhebung des Berges an der Oberfläche unmittelbar gewirkt hat. Auch ist diese Beziehung so auffallend, daß selbst die unentwickelten Kamtschadalen sie in die Sagen über die Schicksale ihres Landes verwebt haben, oder durch bildliche Wendungen wenigstens andeuten. So versichern sie, daß der Schiwelutsch einstmals um viele Meilen weiter südlich gestanden habe, da, wo jetzt eine ihm gleiche Vertiefung durch die Wasser des Sees von Kronolz erfüllt werde. Als er aber dort durch das Wühlen zahlreicher Murmelthiere in seinen Gehängen gequält worden, sei er von seiner ursprünglichen Stelle ausgewandert, habe dabei von einem nahe gelegenen Berge den Gipfel abgebrochen, und mit den beiden Seen bei Chartschinsk die Stellen bezeichnet, an denen er auftrat, ehe er sich wieder an seinem jetzigen Orte bleibend niederließ.

Sechsunddreißigster Brief.

Ursachen der vulkanischen Thätigkeit.

Haben wir nun in der bisherigen Darstellung die ganze Mannigfaltigkeit der Erscheinungen durchmustert, welche unmittelbar oder mittelbar vulkanische genannt werden müssen, auch schon den Zusammenhang entwickelt, in dem dieselben unter einander zu stehen scheinen, so bleibt nur noch übrig die Erklärungen vorzuführen, durch welche man ein Verständniß der Gesammtheit dieser Vorgänge zu gewinnen versucht hat. Daß bei solchen Erklärungen Manches hypothetisch bleiben muß, kann nicht befremden, denn das Ziel derselben bleibt nicht Gewißheit, sondern nur größtmögliche Wahrscheinlichkeit da zu ermitteln, wo wir doch, wie weit wir auch in unseren Einsichten vorschreiten mögen, stets das Unbegreifliche dicht vor uns sehen werden. Es handelt sich daher bei dem Aufstellen solcher theoretischen Erklärungen auch nicht darum, jede scheinbare Ausnahme in den Erscheinungen zu beseitigen, sondern vor Allem nur darum, einen Weg zu finden, der uns im Einklang mit den übrigen Naturgesetzen und den Erklärungen, die wir für sie annehmen, zu einem möglichst einfachen Verständniß führt. Besonders haben wir es zu vermeiden, daß nicht, um unsere Erklärungsweise zu ermöglichen, erst wieder neue ferner liegende Annahmen nöthig werden.

Im vierzehnten Briefe habe ich kurz über die Ursachen der Erdbeben gesprochen und Ihnen dargethan, daß ein unmittelbarer Zusammenhang mit anderen Natur-Erscheinungen, außer mit denen der Vulkane, bei den meisten von ihnen nicht vorhanden ist, und habe dann im zwanzigsten Briefe den Nachweis näherer Beziehung zu der Thätigkeit der Vulkane specieller geliefert. Humboldt hat Ihnen schon im ersten Bande des Kosmos die Aeußerung des Strabo angeführt, welche den Glauben an den inneren Zusammenhang zwischen Erdbeben und vulkanischen Vorgängen ganz unumwunden ausspricht, und sich selbst dieser Ansicht unter Beibringung neuer Argumente angeschlossen. Sie sehen daraus, daß Alterthum und

neueste Zeit sich in Einklang der Ansichten über die Verbindung dieser Natur-Erscheinungen befinden. Es bleibt daher nur noch übrig den Ursachen nachzuspüren, welche der Gesammtheit dieser großartigen Natur-Thätigkeit zu Grunde liegen möchten.

Ich muß Ihnen hier zunächst die schöne, im Großen gehaltene Anschauung zurückrufen, welche uns Humboldt giebt, indem er im ersten Bande des Kosmos sagt: „Es ist ein nicht geringer Fortschritt der neueren Geognosie, die hier bezeichnete Verkettung der Erscheinungen ergründet zu haben. Die Einsicht derselben leitet von den spielenden Hypothesen ab und reiht Gruppen von Erscheinungen an einander, welche sich auf den ersten Anblick als sehr verschiedenartig darbieten. In einem großen Naturbilde schmelzen sie alle in den einigen Begriff der Reaction des Innern eines Planeten gegen seine Rinde und Oberfläche zusammen. So erkennen wir in den Tiefen der Erde, in ihrer mit dem Abstand von der Oberfläche zunehmenden Temperatur, gleichzeitig die Keime erschütternder Bewegung, allmäliger Hebung ganzer Continente, vulkanischer Ausbrüche und mannigfaltiger Erzeugung von Mineralien und Gebirgsarten."

Nicht immer haben sich die denkenden Geister so einfache, klare Vorstellungen über das Wesen dieser Erscheinungen bilden können, und doch haben sie seit der frühesten Zeit den Gegenstand mit Nachdenken verfolgt. Nachdem die älteren griechischen Philosophen die Meinung aufgestellt hatten, daß Alles auf der Erde ursprünglich aus dem Wasser müsse entstanden sein, traten andere auf, welche als Urstoff der Erde, aus dem alles Uebrige gebildet sei, das Feuer setzten. Empedokles, der Agrigentiner, dessen Leben und tragisches Ende (er stürzte sich in den Krater des Aetna) noch jetzt den Umwohnern dieses Berges bekannt ist, und dessen Andenken in dem Gebäude fortlebt, das sie Torre del Filosofo nennen, gehörte zu denen, welche behaupteten, daß das Feuer in der Tiefe die Felsen und Berge emporgehoben habe und sie noch gegenwärtig in ihrer Lage erhalte. Aehnliches glaubte auch Strabo, dessen klare Anschauung auf diesem Gebiete von keinem der alten Weisen übertroffen wurde. Er war der Meinung, daß alle Inseln

im hohen Meere durch Erhebung entstanden sein müßten, und daß dasselbe Land zu verschiedenen Zeiten über den Meeresspiegel erhoben und unter denselben versenkt sein könnte. Endlich nahm er unter vielen Ländern der Erde ein im Innern thätiges Feuer an, und als Zeugen desselben die hin und wieder hervortretenden Dämpfe und heißen Quellen, von denen er die bei Cumae, Bajae und Puteoli besonders hervorhebt.

Mit dem Untergange der alten Cultur verschwand jede Beschäftigung mit der Erklärung von Natur-Erscheinungen und erst nach anderthalb Jahrtausenden begegnen wir bei dem Vater der neueren Mineralogie und Geologie, bei Agricola, Ansichten über die Natur der Erdbeben und die Wirkungen der Vulkane, welche für seine Zeit höchst verständig genannt werden müssen. Klarere Vorstellungen entwickelt aber vorzüglich der in der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts in Florenz lebende Arzt und Geolog Stenon, der bei der Untersuchung der Gebirge von Toscana zu dem Schlusse gelangte, daß die aus ihrer ursprünglich horizontalen Lage gerückten, geschichteten Gesteine nur durch unterirdische Kräfte auf solche Weise könnten verschoben sein. Die Ursache dieser Kraftäußerungen fand er aber sehr natürlich in den in Italien so wohl bekannten Einflüssen der Erdbeben und vulkanischen Ausbrüche. Eine senkrecht aufwärts wirkende Kraft hatte die Schichten zerbrochen, die festen Steine in Blöcke zersprengt und die erdigen Schichten zu Pulver zerrieben; aus dem Erdinnern hatte die Hitze das Wasser in Dampfform hervorgetrieben, dadurch einzelne Theile der Erdrinde aufgelöst und zur Seite geschoben; dadurch waren im Innern derselben große Höhlungen entstanden und der Einsturz solcher Höhlungen hatte hauptsächlich die Unebenheiten des Bodens, und die Verstürzungen und Beugungen der Schichten erzeugt.

Mehr als ein Jahrhundert mußte vergehen, bis wieder Männer auftraten, welche sich über die Erkenntniß des Stenon erhoben, um so leichter erhoben, als ihnen die Stütze der höheren Entwickelung sämmtlicher naturwissenschaftlichen Erkenntniß zur Seite stand. Die meisten näheren Nachfolger Stenon's blieben weit hinter seinem genialen Standpunkte zurück. Zwar finden wir mitunter Nachweise über Erdbeben und vulkanische

Ausbrüche, aber zumeist hielt man ihre Ursache für eine ganz locale und leitete ihre Wirkungen von der Entzündung schwefliger oder kohliger Substanzen ab, die man im verborgenen Herde der Vulkane voraussetzte. Die letzten Vertheidiger ähnlicher Ansichten traten noch im zweiten Jahrzehnt unseres Jahrhunderts hervor. In dem Zeitalter der Elektricitäts-Physiker zog man auch diese universelle Thätigkeit herbei, und in dem letzten Jahrzehnt des vorigen Jahrhunderts konnte man behaupten, daß ein großer Theil der Naturforscher der Meinung war, Erdbeben und vulkanische Phänomene würden durch Elektricität erzeugt, als unterirdische Gewitter.

Diese Ansichten wurden durch die glänzende Theorie von Davy verdrängt, nach welcher die leicht entzündlichen, wasserzersetzenden, metallischen Basen der verbreitetsten Steinarten unter der oxydirten Erdkruste, in Berührung mit Luft und Wasser, dieses zersetzen, sich entzünden und auf diese Weise Ursache der vulkanischen Erscheinungen sein sollten. Zur Beseitigung des Einwandes, daß nach dieser Theorie größtentheils Wasserstoffgas aus den Vulkanen aufsteigen müßte, nahm Gay-Lussac an, daß die Metalle in der Erde nicht als reine, sondern als Chlor-Metalle vorhanden seien. In späteren Jahren hat jedoch Davy selbst diese Anschauungsweise aufgegeben und sich der Ansicht zugewandt, welche die Wärme unseres Erdinnern als die Grundursache der vulkanischen Erscheinungen annimmt. Denn neben den angeführten wechselnden Vorstellungen hatte sich die alte Hypothese des Centralfeuers stets auch als Erklärungsprincip erhalten, und sie gewann eine erhöhte Bedeutung, nachdem die, mit der Tiefe zunehmende Erdwärme, als allgemein gültige Thatsache anerkannt worden war.

Die erste Folgerung, welche sich aus einer oberflächlichen geographischen Betrachtung über Ausdehnung und Fortpflanzung der Erdbeben, so wie über die Vertheilung der Vulkane an der Erdoberfläche ergiebt, ist die, daß der Sitz der bewegenden Kraft in den tieferen Theilen der festen Erdrinde liegen muß. In der That bedarf es auch nur einer aufmerksamen Betrachtung der Erscheinungen, welche namentlich die größeren Erdbeben gezeigt haben, um die Ueberzeugung von der Rich-

tigkeit dieser Ansicht zu gewinnen. Gewaltsame Bewegungen der Erdkruste, die sich, wie das Erdbeben von Lissabon und einige südamerikanische Erdbeben, über hunderte von Meilen fortsetzen, können nicht aus einer Erschütterung der oberflächlichen Schichten stammen. Dasselbe gilt aber auch von den ruhig vor sich gehenden, säcularen Hebungen und Senkungen ganzer Ländermassen, und eben so von den vulkanischen Ausbrüchen und den Erscheinungen, welche sie begleiten; und es darf daher als eine unzweifelhafte, einfache Folgerung angesehen werden, daß der Sitz jener Kräfte, welche Erdbeben, Hebungen und Senkungen, so wie vulkanische Ausbrüche hervorbringen, in ansehnlicher Tiefe unter der Erdoberfläche zu suchen sei. Zahlen-Größen, die man hier angeben könnte, ruhen auf einer zu unsichern Basis, als daß es der Mühe werth wäre, dergleichen anzuführen.

Bei der Erörterung der Ursache dieser Kraft-Aeußerungen begegnen wir aber einer doppelten Erklärungsweise. Entweder wird dieselbe nur aus dem Unterschiede in dem Wärme-Zustande des Erdinnern und der äußeren Erdrinde abgeleitet, oder es wird dem Wasser und seinen Dämpfen dabei ein besonderer Einfluß eingeräumt. Von dem ersteren Gesichtspunkte aus fußt man darauf, daß auf der inneren Seite der starren Kruste, welche den flüssigen Kern unseres Planeten umschließt, noch immer derselbe Erstarrungsproceß sich fortsetzen muß, durch den ursprünglich die feste Erdrinde entstanden ist. Nun sind zwar die meisten flüssigen Körper bei der Erstarrung einer Verminderung ihres Volums unterworfen, allein, wenn wir bedenken, daß die Dichtigkeit der Körper, besonders der Flüssigkeiten, in größeren Tiefen unter der Erdoberfläche, auch eine größere sein muß, so kann dahier sehr leicht der Fall eintreten, daß das feuerflüssige Material, welches an der Innenseite der Erdveste allmälig erstarrt, bei dieser Erstarrung eine Vergrößerung seines Volums erfährt.

Wenn diese Möglichkeit als wirklich vorhanden angenommen wird, so kann die Folge dieses Vorganges keine andere sein, als daß, während der langsam fortschreitenden Erstarrung, die äußere Hülle für die innen sich absetzenden Massen unseres Planeten zu eng wird. Dadurch wird der flüssige Kern unter

verstärktem Druck kommen und der Gleichgewichtszustand, wie solcher in einer der Wirkung der Schwerkraft und der Rotation angemessenen Weise hergestellt war, wird also gestört werden. Wäre die Erdveste völlig geschlossen, überall gleich dick und gleich fest in ihren einzelnen Theilen, so würde dies zunächst ein Streben nach Verminderung der Abplattung verursachen müssen, um dadurch eine Vergrößerung des Volumens herbeizuführen. Allein die Erdrinde hat eine sehr verschiedenartige Zusammensetzung und Structur; verschiedene Regionen derselben besitzen wahrscheinlich eine sehr verschiedene Dicke und auch verschiedene Grade der Widerstandsfähigkeit, und durch die Eruptionskanäle der Vulkane scheint sie nach außen auch geöffnet zu sein. — Der nächste Erfolg der inneren Ausdehnung wird also der sein, daß ein Theil des feurig flüssigen Materials als Lava, bald in diesem, bald in jenem Eruptions-Kanale gegen die Oberfläche hinaufgepreßt wird, bis der Druck der Lavensäule dem innern Drucke das Gleichgewicht hält; wodurch zugleich die erste Bedingung für die Möglichkeit vulkanischer Eruptionen geliefert wird. Außerdem aber wird die Verschiedenheit der Structur-Verhältnisse der Erdrinde eine eben so große Verschiedenheit in der Art und Weise herbeiführen, wie die verschiedenen Stellen sich gegen den auf sie ausgeübten Druck verhalten; und während daher einzelne Regionen des geringsten Widerstandes diesem Drucke unmittelbar nachgebend aufwärts steigen, könnten andere, besonders in der Nähe des Aequators liegende, sich senken; wodurch die säcularen Hebungen und Senkungen großer Striche von Land und Meeresgrund einigermaßen erklärt werden könnten.

Diese Erklärungsweise nimmt sodann als Ursache der Erdbeben eine fluthartige Bewegung des flüssigen Erdkernes an, deren großartige Wogen die von einem Punkte oder von einer Linie ausgehenden, nach den Gesetzen der Wellenbewegung fortschreitenden Erschütterungen hervorrufen sollen. Man hat einen Beweis für die Richtigkeit dieser Ansicht in dem schon oben erwähnten plötzlichen Verschwinden der Rauchsäule thätiger Vulkane bei dem Eintritt von Erdbeben gefunden. Außerdem hat man angenommen, daß die feuerflüssigen Massen des Erdinnern eine große Menge von Gasen und Dämpfen in

gebundenem Zustande enthalten, welche bei dem Festwerden ausgeschieden werden, sich stellenweise an einzelnen Punkten oder längs gewisser Linien anhäufen, und theils durch ihre Spannkraft, theils durch wiederholte Veränderungen ihrer Stelle so lange gewaltsame Bewegungen der feuerflüssigen Massen verursachen, bis es ihnen endlich gelingt durch Spalten irgendwo nach außen zu entweichen. Die Ausbrüche der Vulkane endlich werden durch die Berührung der in dem Eruptions-Kanale heraufgepreßten Lava mit zufällig aus dem Meere oder anderen Behältern zudringendem Wasser erklärt. Das in einer gewissen Tiefe des Eruptions-Kanals eintretende Wasser wird plötzlich in Dämpfe verwandelt, welche im Augenblick ihrer Entstehung die unterirdischen Explosionen und Erdbeben verursachen, bei ihrem lebhaften Entweichen die Lavenmassen zum Aufkochen und Schäumen bringen, die obersten Theile in Form von losen Auswürflingen hervorschleudern und endlich einen Ausfluß derselben herbeiführen.

Es ist hier nicht der Ort eine Kritik von Ansichten zu entwickeln, und ich will daher nur eben so kurz als die vorigen, auch die anderen Annahmen entwickeln, welche dem Wasser eine größere Theilnahme an den Erscheinungen der Vulkane beimessen, und es dem Leser überlassen, sich die ihm zusagendste Anschauung anzueignen, da beide im Grunde doch von demselben Principe der Erklärung ausgehen, und jede eben so ihre Wahrscheinlichkeiten, als auch ihre schwachen Seiten hat.

Die allerabweichendsten Erklärungen der vulkanischen Vorgänge gehen doch alle von der Annahme aus, daß Spalten und Höhlungen in den tieferen Theilen der festen Erdrinde vorhanden sein müssen, welche eine Verbindung von Innen nach Außen vermitteln. Wenn dergleichen offene Räume bis auf den flüssigen Kern des Planeten niedersetzen, so entsteht die Frage, ob wir seine feste Schaale als auf dem flüssigen Kerne schwimmend, oder als ein freies Gewölbe über demselben anzunehmen haben. Ist der letztere Fall vorhanden, der durch die mannigfaltige Zerbrechung, Verschiebung und Wiederbefestigung der älteren Erdschichten wahrscheinlich wird, so kann ein unmittelbarer Druck der festen Rinde auf den flüssigen Kern nicht stattfinden, und die zweifelhafte Vermehrung des Raumes

durch das Festwerden der Flüssigkeiten, vermindert durch die Zusammenziehung des flüssigen Kernes in Folge seiner Abkühlung, wird schwerlich ausreichen, um die vorhandenen Höhlungen zu erfüllen. Es könnte daher auf diese Weise ein Aufsteigen feuerflüssiger Massen des Kernes nicht wahrscheinlich gemacht werden, welches auch um so weniger glaublich erscheint, als wir nicht an beliebigen Stellen der Erdrinde dergleichen Vorkommnisse finden, sondern nur in ganz bestimmten Regionen. Diese Gegenden sind die steiler abfallenden Ränder der Continente oder größerer Insel-Gruppen gegen das Meer hin.

Wir werden durch dieses Vorkommen der Ausbruchsstellen sichtlich darauf hingewiesen, daß eine Mitwirkung des Gewässers bei dem Hervortreten von feurigen Gesteinsmassen, in der jetzigen Periode der Erdentwickelung Statt habe und es ist dies eine Meinung, welcher die Geologen seit den ältesten Zeiten sich nicht haben verschließen können. Auch Humboldt hat dieselbe, wie Sie sich erinnern werden, im Kosmos vertreten, und ich will mir hier nur erlauben noch einige Thatsachen anzuführen, welche zum Abschluß Ihrer Anschauungen auf diesem Gebiete dienen können.

Wenn wir die Lavenmassen näher untersuchen, welche von einem Vulkane ausgestoßen worden sind, so finden wir sie in der Regel in auffallender, bis in's Einzelne gehender Uebereinstimmung mit den älteren Gesteinen, welche an derselben Stelle früher, ohne Zuthun des Vulkans, hervorgekommen sind. Die Laven Islands gleichen den Trapp-Gesteinen, welche die Insel bedecken, bis auf ein Haar, und doch sind letztere sicherlich nicht von Vulkanen ausgegangen, sondern auf der Tiefe des Meeresbodens, in ähnlicher Weise, wie viele ältere feurige Gesteine, auf Spalten hervorgestoßen worden, ohne daß Ausbrüche, gleich denen der Vulkane, dabei Statt gefunden hätten. Die Laven des Vesuvs und die Ströme des Aetna zeigen eine in's Auge springende Uebereinstimmung mit den Gesteinen, welche das Gerüst dieser Vulkane bilden, und in anderen Fällen kann man an äußeren Zeichen, z. B. an eingeschlossenen, ungeschmolzenen Körnern von Olivin, ganz unzweifelhaft nachweisen, daß man in den Laven nur einen umgeschmolzenen Basalt und kein neues Gestein aus dem Erdinnern vor sich habe. Was kann

uns hiernach natürlicher erscheinen, als die Meinung, daß diese Laven locale Bildungen seien, aus der Umschmelzung jener Materialien entstanden, welche die Erdrinde an der Stelle zusammensetzen, wo vulkanische Mächte einen Ausweg gefunden haben.

Sind nun die Höhlungen und Klüfte in den tiefsten Theilen der festen Erdrinde nur einigermaßen bedeutend, so werden flüssige Massen in ihnen nicht aufsteigen können, wenn es aber eine unbestreitbare Thatsache ist, daß Wasser auf großen und kleinen Spalten und Klüften überall in die Tiefen der Erdrinde niedergeht, so muß dieses Wasser auch bis in jene Räume gelangen, welche bis zum flüssigen Erdkerne herabsetzen, und in ihnen die Temperatur annehmen, welche in diesen Regionen des Erdinnern herrscht. Das Wasser wird sich dabei, wie Bischof in seiner Wärmelehre nachgewiesen hat, in Dämpfe von außerordentlich hoher Temperatur und Spannung verwandeln. Da aber die Menge des herzudringenden Wassers nicht überall gleich groß sein kann, so wird dasselbe da besonders stark zuströmen, wo der Druck von außen es am leichtesten in die Tiefe zu treiben vermag. Dieses wird nicht auf dem Boden der großen Oceane der Fall sein, sondern an schnell in das Meer abfallenden Festland-Küsten, in deren zerklüftete Gesteine das Gewässer leicht einen seitlichen Zugang gewinnt, und es werden daher an diesen Stellen die Dampfbildungen und die Dampf-Anhäufungen in der Tiefe in größter Menge vor sich gehen. Wenn die an solchen Punkten aufgehäuften, hochgespannten Dämpfe sich unterirdisch einen Ausweg suchen, in Räume hin, welche unter geringerem Drucke stehen, d. h. mit weniger Dämpfen erfüllt sind, und dabei gewaltsam einen Weg sich brechen müssen, so entstehen Erdbeben; wenn sie nach außen einen Ausweg finden, so bilden sie vulkanische Eruptionen. Daß sie, bei ihrer hohen Temperatur auf dem Wege aufwärts, die Wände jener Spalten, welche ihren Ausweg bilden, anschmelzen, daß sie die so geschmolzenen Massen mit Wasserdampf völlig durchtränken, daß sie diese Producte der Umschmelzung älterer Gesteine mit sich hervortreiben und theils als Laven ausgestoßen, theils als Aschen mit sich in die Lüfte reißen, das Alles erscheint einfach und sehr leicht verständlich.

Wenn man gegen die Annahme, daß Wasserdämpfe das treibende Moment in den Vulkanen seien, den Einwurf erhoben hat, daß das in die Tiefe eindringende Wasser durch seine eigenen Dämpfe aus seinen Gängen müßte wieder herausgeworfen werden, so hat man dabei vergessen, welche außerordentlich große Kraft die Adhäsion auf die in kleinen Klüften und Poren niedersinkenden Wassermassen ausübt, eine so gewaltige Kraft, daß eher das Gestein zersprengt, als das Wasser auf seinem alten Wege hervorgetrieben werden kann.

So stehen wir denn am Ende dieses großen Kapitels der Naturbetrachtung, und sind zuletzt zu dem fast unscheinbaren Resultate gelangt, daß die Gesammtheit der betrachteten Erscheinungen nur anzusehen ist: als eine Folge der Gegenwirkungen einer innern großen Hitze unserer Erde und einer äußeren Bedeckung des Planeten durch Gewässer; deren Wirkung auf einander vermittelt wird durch eine feste, jedoch nicht sehr dicke Rinde, die vielfach sich von Spalten und von Poren durchzogen zeigt. Die alten Mythen schwinden, und die Vereinzelung in den Natur-Erscheinungen geht auch hier wieder in der Einsicht unter, daß einige wenige große Natur-Gesetze die ganze Mannigfaltigkeit des Weltalls binden und regieren.

Index.

Aetna, Beschreibung des 362.
Aschen der Vulkane 320.
Ausbruch des Aetna 1614. 304.
" " " 1669. 284. 309.
" " " 1787. 312.
" " Ararat 1840. 67.
" " Skaptar-Jökul 1783. 59. 307.
Ausbruch des Vesuv 1631. 304.
" " " 1737. 309.
" " " 1760. 265.
" " " 1779. 309. 311.
" " " 1794. 310. 321.
" " " 1804. 304.
" " " 1822. 289.
Ausbruchs-Erscheinungen der Vulkane 276.
Ausbruchs-Kegel der Vulkane 260.
" " Höhe ders. 262.
Ausbrüche, Häufigkeit der vulkanischen 281.
Auswürflinge der Vulkane 319.
Barometerstand bei Erdbeben 61.
Berg, neuer (Monte Nuovo) 234.
Beunruhigung von Thieren bei Erdbeben 75.
Bimstein 318.
Bomben, vulkanische 319.
Brunnen, artesische 160.
Canarische Inseln, Beschreibung der 380.
Dampfausströmungen b. Erdbeb. 65.
Dampfausströmungen von Laven 312.
Eifel, vulkanische hohe 340.
" " untere 338.
Elektricität in Bezug zu Erdbeben 72.
Erdbeben-ähnliche Erschütterungen 23. 24.
Erdbeben-ähnliches Getöse 23.
" -Ausbreitungs-Art 46.
" -Bewegung, drehend 13.
" " , stoßend 8.
" " , wellenförmig 9.
Erdbeben-Brücken 39.
" -Dauer 29.
" , Erklärung durch Einstürze 146.
Erdbeben, Erschütterungs-Kreise 48.
" , Fortpflanzungs-Weise 35.
" -Geschwindigkeit 26.
" -Getöse 20.
" , Instrumente zum Bestimmen der Richtung der 17.
Erdbeben, longitudinale, lineare 50.
" , Meeresbeben 42.
" " bilden große Wellen 43.
Erdbeben-Mittelpunkte, wandernde 49.
Erdbeben, plötzlich eintretend 46.
" , Richtung der Wellen 15.

Erdbeben, Schutz gegen dieselben 40.
" , Stärke derselben 5.
" , Wesen derselben 4.
" von den Antillen 1811. 28.
" " Aquila 1703. 81.
" " Armenien 1840. 82.
" " den Balearen 1851. 17.
" " Basel 1356. 33.
" " Belgien 1828. 16. 30. 38.
Erdbeben von Calabrien 1783. 10. 14. 37. 49. 54. 58. 114.
Erdbeben von Canada 1663. 33.
" " Carracas 1812. 15. 33. 56.
Erdbeben von Chili 1822. 54. 79. 80. 85.
Erdbeben von Chili 1835. 11. 45. 85. 217. 222.
Erdbeben von Chili 1837. 8. 53.
" " Columbien 1827. 80.
" " Cumana 1766. 33. 83.
Erdbeben von Cumana 1797. 39. 65.
" " Cutsch 1819. 90.
" " dem Erzgebirge 1812. 37.
Erdbeben von Jamaica 1692. 10. 43. 78. 87.
Erdbeben von Nord-Italien 1828. 55.
" " Süd-Italien 1805. 41.
" " " " 1808. 18.
" " Kamtschatka 1737. 44.
" " Lima 1746. 32. 44. 50.
" " " 1828. 66.
" " Lissabon 1755. 10. 26. 31. 52. 129.
Erdbeben von Melfi 1851. 8.
" " dem westlichen Mittelländischen Meere 365 oder 66. 52.
Erdbeben von dem Mississippi-Thale 1811. 11. 33. 65. 79. 80.
Erdbeben von Nordamerika 1843. 51.
Erdbeben von Paris 1822. 5.
Erdbeben von den Pyrenäen 1773. 37.
Erdbeben vom Nieder-Rhein 1846. 12. 16. 26. 31. 47.
Erdbeben von Riobamba 1797. 8. 22. 217.
Erdbeben von Rom 1703. 31.
" " Süd-Rußland 1829. 11. 29. 52.
Erdbeben von Schwaben 1828. 1830. 30.
Erdbeben von Schweden 1823. 37.
" " Neu-Seeland 1855. 86.
Erdbeben von Sicilien 1818. 61. 81.
" " Tabris 1721. 41.
" " Theben 1853. 34.
" " Venezuela 1812. 21.
" " der Wallachei 1836. 80.
" " dem Ober-Wallis 1855. 22. 34.
Ferdinandea, neue Insel 59. 228.
Fumarolen (Fumachi) 200. 271.
" der Solfatara 331.
" Zusammensetzung ihrer Dämpfe 272.
Gas-Quellen 206.
Geysir, Apparat zur Nachahmung seiner Erscheinungen 187.
Guadiana, versunken 150.
Häufigkeit der Erdbeben in verschiedenen Jahreszeiten 69.
Hebungen als Folge von Erdbeben 83.
Hebungen der Küste vom östlichen Süd-Amerika 94.
Hebungen der Küste von Candien 86.
" " " " Chili 85.
" " " " England 101.
" " " " Frankreich 101.
Hebungen der Küste v. Gibraltar 100.
" " " " Vorder-Indien 86.
Hebungen der Küste v. Norwegen 106.

Hebungen der Küste von Peru 84.
" " " " Nord-Rußland 107.
Hebungen der Küste von Sardinien 99.
Hebungen der Küste von Schottland 102.
Hebungen der Küste von Schweden 102.
Hebungen der Küste von Neu-Seeland 86.
Hebungen der Küste von Sicilien 96.

Island, Beschreibung von 369.
Inseln, neue bei den Azoren 229.
" " " Island 229.
" " im Busen von Santorin 223.

Korallen-Inseln über versinkenden Continenten 112.
Krater der Vulkane 260.
" Lage und Größe ders. 266.

Lagoni von Toscana 200.
Lapilli, vulkanische 320.
Lava, glasartige 318.
" , steinartige 315.
" , ihre Flüssigkeit 293. 308.
" " Structur 313.
" " Temperatur 308.
Laven, Augit- 317.
" , Feldspath- 316.
Lavenströme, deren Gefälle 304.
" , deren Geschwindigkeit 303.
" " Größe 306.

Maare der Eifel 343.
Magnetismus in Bezug zu Erdbeben 73.
Meeresspiegel, nicht ganz beständig 114.
Mineralquellen, Gehalt an festen Theilen 192.
Mineralquellen, Eintheilung nach der Zusammensetzung 196.
Mofetten, Kohlensäure-Quellen 202. 291.

Nebel, trockene bei Erdbeben 58.
Nebenkegel der Vulkane 265.

Obsidian, Glas-Lava 318.

Pico de Teyde, Besteigung des 383.

Quellen, aufsteigende 160.
" " , Theorie derselben 164.
Quellen, besonders kalte 155. 175.
" , kalte Gebirgs-Quellen 159.
" warme " " 176.
" , Hunger-Quellen 158.
" , periodische 153.
" von Kohlensäure 202. 291.
" " Wasserdampf 200.
" der Lippe und Pader 153.

Rapilli, vulkanische 320.

Salsen, Schlamm-Vulkane 207.
Sand der Vulkane 320.
Schlacken-Bildung auf Laven 297.
" -Kanäle der Lavenströme 298.
Seismometer, Sismometer 18. 49.
Senkungen als Folge von Erdbeben 87.
Senkungen auf Jamaika 87.
" der dalmatischen Küste 111.
" " englischen Küste 110.
" " französischen Küste 110.
" " grönländer Küste 110.
" des südlich. Schwedens 109.
" im stillen Ocean 112.
" und Hebungen des Tempels bei Puzzuoli 87.
Senkungen und Hebungen der neapolitanischen Küste 90.
Senkungen und Hebungen an den Mündungen des Indus 91.
Solfatara bei Puzzuoli 201. 331.
" im Krater von Volcano 332.
Solfataren, Begriff derselben 329.
" von Inner-Asien 335.
Spalten im Boden bei Erdbeben 78.

Suffioni 200.
Temperatur, constante von Quellen 178.
Temperatur d. obersten Erdrinde 165.
" der Gletscherbäche 173.
" " Paderquellen 171.
" " Quellen von Leuk 177.
" " " " Warmbrunn 177.
Temperatur der Senkbrunnen 169.
Thermen, Begriff derselben 181.
" Erkaltung einzelner 185.
" von Neu-Seeland 188.
" Verbreitung derselben 183.
Vesuv, Beschreibung desselben 354.
Vulkan von Awatscha 396.
" el Infierno de Masaya 294.
" von Isalco 261.
" Kilauea auf Hawaii 293.
Vulkan von Kliutschi 398.
" " Manderscheid 340.
" Schiwelutsch 404.
" von Strombroli 273.
" " Wiliutschewsk 263. 396.
Vulkane, erloschene 336.
" " der Eifel 337.
" " " Auvergne 345.
" thätige 270.

Wasser, Sand und Schlamm, ausgestoßen bei Erdbeben 57.
Wasserlauf der Alme 151.
Windrichtung bei Erdbeben 60.
Witterung bei Erdbeben 57.

Zertrümmerung von Felsen durch Erdbeben 77.
Zusammentreffen der Hochfluthzeiten und der Erdbeben 71.

Druck von J. B. Hirschfeld in Leipzig.




LIBRARY
MAR 22 1976
UNIVERSITY OF TORONTO

PLEASE DO NOT REMOVE
CARDS OR SLIPS FROM THIS POCKET

UNIVERSITY OF TORONTO LIBRARY

Q
158
H863
Th.4

Briefe uber Alexander von
Humboldt's Kosmos

P&A Sci.

